



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Niko Mattila

Esitysteknisen ripustamisen perusteet

Väliaikaiset ripustukset yleisötapauhtumissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Esitys- ja teatteritekniikan medianomi

Esittävä taide

Opinnäytetyö

06.05.2020

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Niko Mattila Esitysteknisen ripustamisen perusteet - Väliaikaiset ripustukset yleisötapahtumissa 64 sivua 06.05.2020
Tutkinto	Esitys- ja teatteritekniikan medianomi
Koulutusohjelma	Esittävä taide
Suuntautumisvaihtoehto	Esitys- ja teatteritekniikka
Ohjaaja(t)	Tekninen johtaja Tomi Tirranen
<p>Opinnäytetyö käsittelee ripustamisen perusteita ja käytäntöjä sekä määräyksiä erityisesti väliaikaisten ripustusten osalta. Opinnäytetyön tarkoitus on toimia ohjenuorana esitysteknisiä ripustuksia tehtäessä ja suunniteltaessa. Opinnäytetyö käsittelee ripustusten toteuttamiseen käytettävien nostoapuvälineiden ja muiden komponenttien oikeaoppista ja turvallista käyttöä edesauttaen riskien huomioimista ja vaaratilanteilta välttymistä.</p> <p>Opinnäytetyö määrittelee aluksi keskeisen näkökannan ja sisällön rajaten pois muita ripustamiseen suoraan tai välillisesti kytkeytyviä osa-alueita, kuten esiintymislavat tai kiinteät teattereiden yläkoneistot ja muu näyttämömekaniikka. Seuraavaksi pohditaan ja määritellään, mitä on väliaikainen ripustaminen ja miksi sitä tehdään.</p> <p>Tämän jälkeen paneudutaan ripustuksia toteutettaessa käytettäviin työkaluihin ja komponentteihin avaten eri tuotteiden ja laitteiden käsittelyä ja niiden merkitystä turvallisten ripustusten toteuttamisessa. Lopuksi paneudutaan ripustusten toteuttamiseen, ennakko-suunnitteluun sekä dokumentoimiseen ja puhutaan henkilöturvallisuudesta.</p> <p>Opinnäytetyön ydinajatus on olla tiivis paketti, joka pitää sisällään perustiedot väliaikaisesta ripustamisesta ja turvallisuudesta sekä käytettävistä työvälineistä ja työkaluista.</p>	
Avainsanat	Esitystekniikka, tapahtuma, ripustus, turvallisuus

Author(s) Title Number of Pages Date	Niko Mattila Basic Principles of Entertainment Rigging – Temporary Rigging in Events 64 pages 6 May 2020
Degree	Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme	Performing Arts
Specialisation option	Live Performance Technology
Instructor(s)	Tomi Tirranen, Technical Director
<p>This thesis discusses the basic principles of temporary entertainment rigging and rigging practices and regulations. This thesis is meant to act as a guideline for anyone involved in planning or carrying out temporary rigging. The thesis also covers the proper use and handling of lifting components in a safe manner. Thus, it aims to help prevent dangerous situations and the identification of hazards.</p> <p>This thesis starts off by defining the central aspects of temporary entertainment rigging while leaving out some of the other fields that are directly or more loosely connected to rigging in the entertainment field, such as the permanent theatre machinery. Next, it moves on to discuss what temporary entertainment rigging actually is and why it is practiced.</p> <p>Later on this thesis examines various tools of trade used in the entertainment rigging. This section offers a thorough presentation of various tools and lifting components, their handling and significance in carrying out riggings safely. Finally, this thesis discusses executing rigging tasks, the significance of planning in advance and the documentation of one's plans. The thesis also covers the safety of people involved in rigging duties, as well as the necessary precautions that are good to keep in mind.</p> <p>This thesis aims to be a compact package of information regarding the basics of temporary entertainment rigging, the safe practices, and the proper use of tools in the entertainment rigging industry.</p>	
Keywords	Entertainment technology, Event, Rigging, Safety

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Mitä esitystekninen ripustaminen on?	2
2.1	Miksi ripustetaan?	2
2.2	Kiinteät ja väliaikaiset ripustusjärjestelmät	3
2.3	Vastuukysymykset	3
3	Trussi	5
3.1	Mikä trussi on?	5
3.2	Kantavuudet ja kuormitustaulukot	7
3.3	Voimat	10
3.4	Liitostavat	11
3.5	Turvallinen käsittely ja tarkastaminen	15
4	Nostoapuvälineet	16
4.1	Raksit ja nostovyöt	16
4.1.1	Päällysteraksit, soft steelit ja nostovyöt	17
4.1.2	Teräsraksit	20
4.2	Komponentit	23
4.2.1	Sakkelit	23
4.2.2	NSTORENKAAT eli master linkit	26
4.2.3	NSTOPALKIT ja käsiraudat	27
4.2.4	Reutlinger -vaijeritarrain	29
4.2.5	Palkkitarraimet	29
4.2.6	Nostosilmukat	30
4.2.7	Vanttiruuvit	30
4.3	Ketjut ja kettingit	31
4.3.1	Pitkähahloiset ripustusketjut	31
4.3.2	Ketjuraksit	32
5	Ketjunostimet	33
5.1	Käsiketjutaljat	34
5.2	Sähköiset ketjunostimet ja niiden toimintaperiaate	36
5.3	Sähköisten ketjunostimien toimintaperiaate	37
5.4	Sähköisten ketjunostimien luokitukset	40
5.4.1	BGV D8	40
5.4.2	BGV D8+	41

5.4.3	BGV C1	41
5.5	Moottorien ohjaaminen	42
6	Ripustaminen	43
6.1	Mihin voidaan kiinnittää?	44
6.1.1	Pisteen mittaaminen ja merkitseminen	46
6.1.2	Valmistelu	47
6.1.3	Pisteiden nostaminen ja kiinnittäminen	48
6.1.4	Toissijaiset ripustukset ja safetyt	50
6.2	Bridle-ripustukset	50
7	Ennakkotyöt ja dokumentointi	53
7.1	Ennakkotyöt	54
7.2	Ripustuspistekartta	55
7.3	Ripustustaulukot ja -kuormat	56
7.4	Kuormien laskeminen	56
8	Työskentely turvallisesti	60
9	Lopuksi	62
	Lähdeluettelo	63

Ripustussanastoa

Basket	Nostoa ja kiinnitystä varten valmisteltu basket hitch -ripustus-piste.
Basket hitch	Usein teräsraksilla ja sakkeleilla toteutettu ripustuspiste, joka kiinnitetään sakkelilla.
Bowline	Paalusolmu on ripustajien suosima solmu nostoköyden kiin-nittämiseen nostettavaan taakkaan.
Breast line	Kiinnityslinja, jonka tehtävä on ohjata taakkaa tai ripustuslin-jaa sivusuunnassa.
Bridle	Kahdesta tai useammasta haarasta tehtävä ripustuspiste, jolla ripustuspisteen sijaintia voidaan siirtää sivusuunnassa.
Bumper	Trussilinja, joka asennetaan poikittain toisten trussilinjojen päälle.
Burlaps	Yleensä säkkikankaasta leikattu kangaspala, joka asetetaan nostoraksin ja kiinnitettävän rakenteen väliin pehmusteeksi.
Cantilever	Ripustuslinjan tai trussirakenteen tukipisteen ulkopuolelle jäävä osa, yleisesti maksimissaan 1/6 uloimpien tukipisteiden jännevälin pituudesta.
Cherry picker	Henkilönostin, <i>kuukulkija</i> . Nivelpuominostin, usein ripustajien suosima henkilönostintyyppi.
Choke	Kiristävä silmukkaliitos, choker hitch. Työkuormitus kerrot-tava kertoimella 0,8.
Clutch chain	Lyhentimellä varustettu säätöketju, ketjuraksi. Käytetään eril-lisiin varmistusripustuksiin tai bridle-ripustusten jalkojen sää-tämiseen.

Control box / Break out	Myös <i>spideri</i> ja <i>breikkeri</i> , moninapakaapeleiden päähän sijaittava adapteri, jolla saadaan kaapelissa kulkevat kanavat yksilöityä. Käytetään sähköisten ketjunostimien kaapeloimiseen.
Dead hang / Dead line	Dead hang tarkoittaa suoraan ripustupaikan yläpuolella sijaitsevaan rakenteeseen kiinnitettyä ripustusta, ei esimerkiksi bridle-ripustus. Ilmaisua Dead hang –ilmaisua käytetään usein myös puhuttaessa <i>dead linesta</i> , joka tarkoittaa staattista ripustuspistettä, joka ei ole ketjunostimen varassa.
Diagonal	Trussien vinojäykisteet, jotka siirtävät voimia ja pitävät rakenteen kasassa. Diagonaali.
Diagonaalijako	Tapa arvioida trussien pituuksia, esimerkiksi kahden vastakkaiseen suuntaan asennetun vinotuen muodostama kolmio. Vaikuttaa myös trussiin kiinnitettävien asioiden sijoitteluun.
Diamond	Salmiakin tapaan käännetty trussi, jossa yksi pääputkista suoraan alaspäin keskellä trussia. Ristijäykistettyjäkään trusseja ei voida tässä asennossa kuormittaa kuin korkeintaan 2/3 valmistajan sallimasta kuormituksesta.
Drop shackle	Bridle-ripustuksen kärjessä oleva, jalat ja ketjunostimen yhdistävä sakkeli.
Emolinja / Mother grid	Jykevämmästä trussista tehty, usein melko kiinteästi asennettu trussirakenne, johon voidaan kiinnittää ripustuspisteitä.
Folding-truss	Kuljetuksen ajaksi litteäksi taittuva trussi.
Ground support	Maasta rakennettu, trussijaloilla tai -torneilla pystytetty trussirakenne, esimerkiksi messuosastojen ympärillä tai esiintymislavoina.

Ground, Ground Rigger	Lattiatasolla työskentelevä ripustaja, groundi, joka valmistee ripustettavat pisteet ja toimii ylhäällä työskentelevän ripustajan työparina.
Hoist, motor	Sähkökäyttöinen ketjunostin eli moottori.
Invert	Ketjunostimen asennustapa siten, että nostimen runko ja ketjupussi kiinnitetään ripustuspaisteeseen.
Ladder-truss	Kaksiputkinen trussirakenne.
Leg	Bridle-ripustusten haaroja kutsutaan legeiksi eli jaloiksi, leg = jalka.
Load in / Load out	Termit, joilla kuvataan rakennuksen alkamista tai päättymistä – kaluston purkaminen kuljetusautosta tai pakkaaminen kuljetusautoihin.
Master link	Nostorengas, eräänlainen nostoapuväline.
Motor bypass	Ketjunostimen varmistustapa ketjuraksilla, jolla estetään ketjunostimen ketjun tahaton purkautuminen.
Mousing	Jonkin asian, kuten sakkelin tapin varmistamine rautalangalla tai nippusiteellä.
Node-point	Myös <i>panel-point</i> , trussin vinotukien eli diagonaalien kohtauspiste. Suositelluin paikka kiinnittää trussit on suoraan nodeista tai niiden välittömästä läheisyydestä.
Nostoapuväline	Käytetään nostotöissä nostettavien asioiden yhteen liittämiseen.
Pikkeli	Yhden ketjunostimen ohjaamiseen käytettävä laite, nimi tulee sanasta <i>pickle</i> eli suolakurkku.

Reutlinger	Reutlinger nimisen yrityksen valmistama säädettävä vaijeritarrain.
Rigger	Ripustaja, henkilö, joka tekee työkseen ripustuksia esitysteknisissä tuotannoissa.
Ripustuslinja, linja	Esimerkiksi trussilinja, joka on kiinnitetty ketjunostimiin. Linjoiksi kutsutaan ripustusjärjestelmiä, joissa trussit ja ketjunostimet muodostavat yhden kokonaisuuden.
Ripustuspiste, piste	Ketjunostimien haluttuun kohtaan kiinnittämistä varten valmisteltu kiinnityspaikka.
Safety	Erillinen staattinen varmuusripustus, jolla varmistetaan taakan ylhäällä pysyminen ketjunostimen mahdollisesti pettäessä. Taakka voidaan myös laskea varmuusripustusten varaan.
Shackle	Sakkeli. Yleisin nostoapuväline ripustuksia tehtäessä.
Shock load	Taakan äkillisestä liikahduksesta, kuten lyhyen matkan puotamisesta, aiheutu hetkellinen moninkertainen kuormitus.
Span	Tukipisteiden, kuten ketjunostimien, välinen etäisyys. Joskus käytetään myös puhuttaessa suoran trussilinan pituudesta.
Spanset / Sling	Päällysteraksi, yleisesti keinokuituytimellä. Kutsutaan myös nostoliinaksi tai liinaksi.
Soft steel	Päällysteraksi teräsköysiytimellä, parempi lämmönsietokyky kuin keinokuituytimisillä päällysterakseilla.
STAC / Deck chain	Pitkähahloinen ripustusketju, käytetään bridle-ripustusten jalcojen säätämiseen.
Steel	Teräsköysiraksi, käytetään osana ripustuspisteitä sekä toisi-naan trussien sitomiseen.

Stinger, drop	Ripustuspisteen jatko, suora teräsköysiraksi. Käytetään silloin, kun ketjunostimen nostoketju ei yletä maasta ripustuspisteeseen asti.
Sub hang	Jostakin ripustetusta asiasta, kuten trussista, ripustettu asia tai ripustuspiste.
Trim height	Ripustettavan asian, kuten trussilinjan, alapinnan toivottu etäisyys maasta tai lavan pinnasta. Trimmi, trimmikorko.
Design- / safety factor	Varmuuskerroin, ilmaisee laskennallisen murtolujuuden suuruuden suhteessa sallittuun enimmäiskuormitukseen.
WLL/SWL	Ilmaisee tuotteen suurimman sallitun työkuormituksen. Ei tule missään olosuhteissa ylittää. Lyhenne sanoista Working load limit / Safe working load.

1 Johdanto

Opinnäytetyössä paneudutaan vaihe vaiheelta väliaikaisten ripustusten toteuttamiseen ja niissä käytettäviin työkaluihin ja määritellään, mitä esitystekninen ripustaminen on. Opinnäyte avaa teknisiä vaatimuksia, tarvittavia resursseja ja työkaluja sekä toimintaa tapahtumapaikalla ripustuksia toteutettaessa. Opinnäytetyö keskittyy väliaikaisiin ripustuksiin eikä perehdy kiinteisiin ripustusjärjestelmiin, kuten teatteri- ja kulttuuritalojen köysistöt sekä ylä- ja alakoneistot. Esiintymislavat ja muut maasta pystytettävät rakenteet eivät myöskään kuulu tämän opinnäytetyön piiriin.

Opinnäytteen on tarkoitus toimia käsikirjana erityisesti alan toimijoille, jotka ovat aloittelevia tekniikoita tai joilla ei ole aikaisempaa kokemusta ripustamisesta, mutta päätyvät työnsä puitteissa tekemään pieniä tai keskikokoisia ripustuskokonaisuuksia. Toisinaan niitä toteutetaan ilman kunnollista osaamista ja asiantuntemusta ja työhön saatetaan käyttää työn toteuttamiseen soveltumattomia tai huonokuntoisia työvälineitä sekä työtapoja, jotka altistavat virheille ja siten vaaratilanteille. Opinnäytetyön lukijasta ei tule ammattilaisripustajaa, eikä se ole tarkoitukseen, vaan työn päämääränä on tarjota perusymmärrys ripustamisen ominaispiirteistä ja turvallisista toimintatavoista.

Opinnäytteessä pyritään tuomaan esiin merkityksellisiä yksityiskohtia sekä hyvien toimintatapojen noudattamisen tärkeyttä, jotta vältytään laiminlyönneiltä tai huonokuntoisten komponenttien käytöstä seuraavilta vaaratilanteilta ja mahdollisilta onnettomuuksilta. Väliaikaisten ripustusten käytössä on aina henkilö- tai materiaalivahinkojen riski, mikäli työ tehdään huolimattomasti.

Väliaikaisia ripustuksia varten ei ole toistaiseksi tätä työtä kirjoittaessani säädetty selkeää, yhtenäistä lainsäädäntöä, vaan niiden toteuttamisessa ja suunnittelussa sovelletaan useita eri standardeja, säädöksiä, lakeja ja opittua tietoutta. Suomessa ripustusonnettomuuksia on tapahtunut verraten vähän, mutta muualla maailmassa vakaviakin onnettomuuksia ja vaaratilanteita on tapahtunut. Suomenkin areenakeikat ja tapahtumatuotannot kasvavat jatkuvasti ja tarve erityistä ammattitaitoa vaativien ripustusten toteuttamiseen lisääntyy. Ammattiripustajat, kuten monet muutkin tapahtumatuotannossa toimivat ihmiset, ovat yleensä oppineet oman ammattitaitonsa työtä tehden, kisälli-mestari-periaatteella, mutta ovat kuitenkin oman alansa asiantuntijoita ja rautaisia ammattilaisia.

Nykypäivänä ripustamisen suunnittelun ja toteutuksen tukena on useita tietokone- ja puhelinsovelluksia, jotka auttavat ennakkosuunnittelussa ja valmisteluissa, mutta eivät tee ripustajan työstä tarpeetonta. Mikään ohjelma ei korvaa ripustajien ja muiden alan toimijoiden ymmärrystä ripustamisen erityislaatuisuudesta ja perusasioiden hallitsemisen tärkeydestä – loppujen lopuksi ripustukset toteuttaa aina ihminen, jonka on ymmärrettävä toimintansa vaikutukset ja nähtävä työn kokonaisuus ilman ulkopuolista apua.

Opinnäytetyön lähdemateriaalina on käytetty opinnäytetyön kirjoittajan ja kollegoiden omakohtaista kokemusta tapahtumatuotannoissa toimiessa sekä kirjallisia materiaaleja digitaalisista dokumenteista painettuihin kirjoihin.

2 Mitä esitystekninen ripustaminen on?

Ripustaminen voi tarkoittaa eri ihmisille eri asioita. Teollisuudessa ja rakennustyömailla on kyse raskaiden asioiden ja rakenne-elementtien nostamisesta esimerkiksi kuljetuksesta loppusijoituspaikkaan asennettavaksi. Esitystekniikan parissa ripustamisella on myös erilaisia merkityksiä eri toimijoille. Teatteritaloissa ripustaminen käsittää teatteritalojen kiinteät köysistöt ja vaijerinostimet, sirkusartisteille ripustaminen voi merkitä trapetseja, liinoja ja köysiä sekä harustuksia, joita käytetään sirkustaiteilijoiden hurjien tempujen tekemiseen. Tämän opinnäytetyön fokuksessa on niin kutsuttu areenaripustaminen. Nimestä huolimatta samoja metodeja sovelletaan kaikissa tiloissa, joissa on kantavia kattorakenteita, mutta joita ei ole suoranaisesti suunniteltu esitysteknisen ripustamiseen. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi messukeskukset, teollisuustilat ja erilaiset urheilu- ja monitoimihallit. Edellä mainituissa tiloissa järjestetään usein suuria yleisötilaisuuksia ja musiikkikonsertteja sekä monia isoja ja pieniä osastoja sisältäviä messuja.

2.1 Miksi ripustetaan?

Vielä kahdeksankymmentäluvullakin isojen konserttien sadat valaisimet ripustettiin usein heiveröisten pylväsnostimien varaan ja kaiuttimet kasattiin pinoiksi lavan etureunaan. Edellä mainitut järjestelmät olivat yleisökapasiteettia rajoittavia tekijöitä, sillä valolinjojen tornit vaativat paljon lattiapinta-alaa sekä lavalle sijoitetut kaiutinkasat eivät kattaneet koko tilaa tasaisesti. Ilmeisesti valolinjoja ja kaiutinkasoja on myös monesti kaatunut yleisön tai artistien päälle.

Nykyään areenaripustamisen hengessä toteutettuja järjestelmiä löytyy kaikkialta, elokuva- ja tv-studioista, teattereista, ostoskeskuksista sekä yökerhoista kirkkoihin ja taidemuseoihin, koska areenaripustuksen metodit soveltuvat lähes tilaan kuin tilaan. Ripustaminen tarjoaa monin verroin paremmat mahdollisuudet tilan hyödyntämiseen suunnittelussa. Ripustamisen myötä myös tekniikan tarvitsema lattiatila minimoituu, mikä yleisesti tarkoittaa isompaa yleisökapasiteettia ja parempaa näkyvyyttä lavalle joka puolelta yleisötilaa. Tilastollisesti ripustusonnettomuudet ovat myös paljon harvinaisempia kuin maasta rakennettuihin lavoihin ja *ground supportteihin* liittyvät onnettomuudet.

2.2 Kiinteät ja väliaikaiset ripustusjärjestelmät

Kiinteiden ja väliaikaisten ripustusjärjestelmien suurin ero on niiden joustavuudessa. Kiinteät ripustusjärjestelmät suunnitellaan tilakohtaisesti, eivätkä ne taivu juuri muunlaisiin nostoihin kuin mihin ne on suunniteltu. Monissa kiinteiden ripustusjärjestelmien tiloissa on myös mahdollisuus liikuteltaviin pistenostimiin tankonostimien ja valoansaiden lisäksi, mutta usein pistenostimienkin paikat ovat ennalta määrätty tai muuten rajoittuneet. Väliaikaiset ripustuspisteet sen sijaan on mahdollista sijoittaa lähestulkoon mihin tahansa olemassa olevien kantavien rakenteiden alle ja väleille. Kiinteiden ripustusjärjestelmien isompi muokkaaminen tarkoittaa monesti kallista remonttia, väliaikaisten ripustusten muuttamiseen riittää muutama ammattitaitoinen ripustaja ja tarvittavat komponentit. Väliaikaiset ripustustekniikat ja -metodit tarjoavat lähes rajattomat mahdollisuudet valo- ja lavastesuunnittelijoille sekä äänentoistojärjestelmien sijoitteluun. Työkalut ja -tavat ovat pysyneet lähestulkoon samoina vuosikymmeniä niiden monikäyttöisyyden ja toimintavarmuuden johdosta. Väliaikaisen ripustamisen metodeja on alettu omaksu-
maan myös kiinteiden ripustusjärjestelmien toteutuksissa.

2.3 Vastuukysymykset

Ripustuksia toteutettaessa vastuu ripustusten turvallisuudesta on ripustuksia toteuttavalla tiimillä, erityisesti työnjohdollisessa asemassa olevilla ripustajilla. Päävastuu tapahtuman kokonaisvaltaisesta turvallisuudesta on tapahtumanjärjestäjällä. Täten vastuu ripustusten turvallisuudesta on ensi kädessä ripustusten toteuttajalla, mutta vastuu kantautuu myös tapahtumanjärjestäjälle, joka onnettomuustilanteessa on viime kädessä vastuussa työn tilaajana. Kokoontumislain (530/1999) mukaan tapahtuman järjestäjä on

vastuussa tapahtuma-alueen ja sen välittömässä läheisyydessä olevien alueiden ja tilojen turvallisuudesta. Tapahtumaa toteuttavan organisaation eli järjestäjän riveissä on usein tapahtuman turvallisuudesta vastuussa oleva henkilö, kuten tapahtuman tekninen tuottaja tai turvallisuuspäällikkö. Tapahtumanjärjestäjät on velvoitettu ottamaan tapahtumalle vastuuvakuutus, joka avustaa tapahtuman järjestäjää vahinkotilanteiden selvityksessä ja mahdollisissa korvauksissa. Vastuuvakuutus kattaa henkilö- tai esinevahingot, joista vakuutuksen ottaja on oikeudellisessa vastuussa. On hyvä muistaa, että vahingot arvioidaan tapauskohtaisesti. Tapahtumanjärjestäjällä on vastuu laatia tapahtuman turvallisuus- ja pelastussuunnitelma, joiden tarkoituksena on ennaltaehkäistä onnettomuustilanteita ja vähentää riskejä esimerkiksi arvioimalla ja määrittelemällä ripustusten turvallinen toteutus ja velvoittamalla ripustustyön tekijää laatimaan nostotyösuunnitelmat.

Esitysteknistä ripustamista varten ei ole ollut yksiselitteistä laki- tai säädöskokoelmaa, vaan niiden toteuttamiseen sovelletaan monia eri direktiivejä, sertifikaatteja, määräyksiä ja lakeja, jotka eivät suoranaisesti täysin sovellu esitysteknisen ripustamisen säätelyyn. Tilanne on kuitenkin muuttumassa paremmaksi, sillä alalle säädetään vain esitystekniikkaa koskevia määräyksiä ja alalla on jo olemassa joitakin kansainvälisiä standardeja, kuten PLASA:n myöntämä National Rigging Certificate (NRC) eli kansainvälinen todistus ripustajan pätevyydestä sekä International Code of Practice for Entertainment Rigging (ICOPER) eli kansainvälinen menettelyohje esitystekniselle ripustamiselle. Joitakin esitystekniseen ripustamiseen ja ripustamiseen käytettyjen työvälineiden säätelyyn käytettäviä määräyskokoelmia:

BGV D8+ sekä C1: "Regulation on Health and Safety at Work for Staging and Production Facilities for the Entertainment Industry". Saksalainen säädös esitystekniikan parissa käytettävien ketjunostimien luokituksista.

CWA 15902-1:2008 Lifting and load-bearing equipment for stages and other production areas within the entertainment industry. General requirements (excluding aluminium and steel trusses and towers) standardi, joka sisältää määräyksiä nostoapuvälineistä, pois lukien alumiini- ja teräsrakenteiset trussit ja tornit.

DIN 56 950 "Entertainment Technology, Machinery Installations, Safety Requirements and Inspections". Saksalainen säädös esitysteknisten koneiden asennuksesta, turvallisuudesta ja tarkastuksista.

EN 17206: "Lifting and Load-bearing Equipment for Stages and other Production Areas within the Entertainment Industry – Specifications for general requirements" on maaliskuussa 2020 julkaistu EN-standardi, joka korvaa edellä olevan CWA 15902-1:2008 standardin, ja joka on säädetty erityisesti koskemaan esitystekniikassa käytettäviä nostovälineitä.

EU Konedirektiivi 2006/42, joka sisältää muun muassa määräyksiä, jotka sähkökäyttöisten ketjunostimien tulee täyttää.

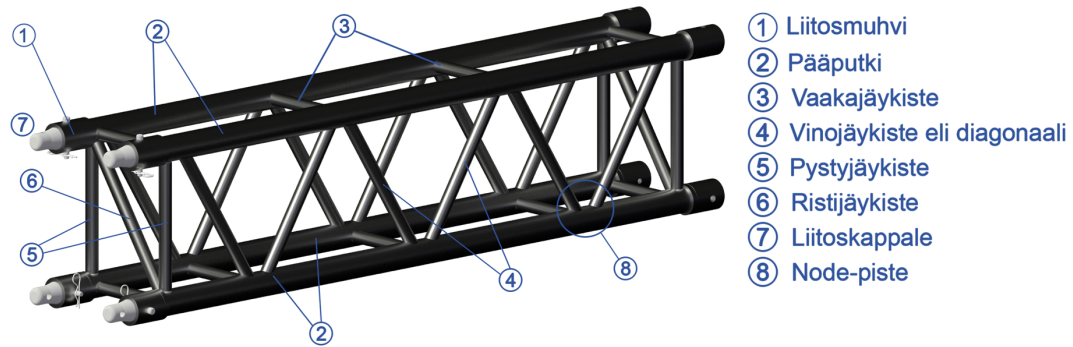
ICOPER - International Code of Practice for Entertainment Rigging eli kansainvälinen menettelyohje esitysteknisestä ripustamisesta.

3 Trussi

Ripustaa voidaan lähestulkoon mitä vain: lavasteita, valonheittäjiä, kaiuttimia ja jopa ajoneuvoja sekä lavarakenteita. Kaikkein arkipäiväisin ripustettava elementti on kuitenkin trussi, josta voidaan rakentaa ripustuslinjoja ja trussikehikoita sekä omilla trussijaloilla tai -torneilla nousevia kehikoita. Trussirakenteisiin voidaan kiinnittää lähestulkoon mitä tahansa, kuten valonheittäjiä, kaiuttimia, lavasteita ja ketjunostimia. Trussi on varsin käytännöllinen elementti sen modulaarisuuden ja laajan valikoiman ansiosta. Eri tuotesarjat ja osat mahdollistavat lähes rajattomat variaatiot luoda tarpeeseen kuin tarpeeseen sopiva ratkaisu ripustuslinjoista rakenteisiin, kuten pystytolppiin, kehikoihin sekä kokonaisiin esiintymislavoihin ja kattorakenteisiin. Trussia voidaan käyttää jopa lavasterakenteiden rungoiksi tai somisteeksi sellaisenaan.

3.1 Mikä trussi on?

Prolyte Groupin Blackbook-teoksessa kuvaillaan trussia modulaariseksi rakenne-elementiksi, joka on valmistettu yhteen hitsatuista alumiiniputkista ja jota käytetään väliaikaisen tukirakenteiden tekemiseen valaistus- ja äänilaitteille tapahtumatekniikassa. Ensimmäiset trussia muistuttavat rakenteet alkoivat ilmaantua tapahtuma-alalle 1970-luvulla. Niihin aikoihin ripustuslinjoina käytettiin kaikkea mahdollista teräsputkista antennimastoihin. Trussi alkoi kehittyä sen nykyiseen muotoon 1970-luvun lopulla, kun tapahtuma-alalle kaivattiin yksinkertaista, mutta tehokasta tapaa valmistaa kevyitä sekä turvallisia tuki- ja ripustusrakenteita. (Prolyte Group 2018, 6.)



Kuvio 1. 3D-malli trussista ja sen osista.

Trussi on ristikkopalkki, jossa yleisesti 48 – 51 mm paksuiset pääputket on liitetty toisiinsa pienemmillä vinojäykisteillä eli diagonaaleilla, jotka muodostavat kolmioita liittyessään toisiinsa niin kutsutussa panel- tai node-pisteessä. Trusseissa on yleisesti myös vaaka- ja pystyjäykisteet sekä ristijäykisteet päissä ja pidemmissä yksilöissä myös keskellä. Vaakajäykisteitä voi olla joillakin sivuilla tiheämmin esimerkiksi tikasaskelmina. Vinojäykisteiden tehtävänä on siirtää trussin pääputkiin kohdistuvia voimia sekä pitää rakennetta kasassa. Trussia on olemassa muun muassa pelkkää putkea, kaksiputkista *ladderia* sekä kolme- ja neljäputkista trussia monessa eri kokoluokassa. Trussien rakenne voi olla kolmion, neliön sekä suorakaiteen muotoinen tai niin kutsuttu *folding-trussi* eli kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi litteäksi pakattava, neljästä pääputkesta muodostuva kolmio-trussi. Lisäksi käytetään myös niin kutsuttuja isompia *pre-rigged-trusseja*, joiden sisällä valaisimet ja kaapeloinnit kulkevat valmiiksi asennettuina. Trussit ovat yleisesti alumiinin värisiä tai mustaksi maalattuja, jotta ne eivät erottuisi pimeässä katossa.

Trussi on hyvin modulaarinen järjestelmä ja sitä onkin olemassa useita eri määrämittäisiä suoria paloja, erilaisia kulmia sekä kaarevia paloja tuotesarjasta ja valmistajasta riippuen. Trussista voidaankin rakentaa lähestulkoon mitä tahansa suoria vaaka- ja pystylinjoja sekä kulmapaloja hyödyntäen erilaisia kehikko- ja tilarakenteita.

Trussien käyttäminen mahdollistaa muun muassa kiertävien konserttien ja esitysten toistettavuuden, sillä valokattaukset ja muut kokonaisuuden osa-alueet voidaan toistaa esiintymispaikasta huolimatta lähes samalla tavoin. Eri kokoluokat mahdollistavat jopa laitteiden ja kaapeloinnin valmistelemisen siten, että esimerkiksi lamput ovat valmiiksi asennettuina *pre-rigged trussien* sisällä. Siten ne kulkeutuvat trussien mukana halutuille paikoille ripustamisen yhteydessä.

Trusseja valmistetaan monesta materiaalista teräksestä muoviin, mutta kaikkein yleisin trussien valmistusmateriaali on alumiiniseokset. Ensimmäiset trussit valmistettiin sekä teräksestä että alumiinista, mutta alumiinisia trusseja alettiin suosimaan enemmän, koska alumiini on materiaalina kevyempää (noin 65% teräksen painosta) ja se ei ole niin altis korroosiolle, esimerkiksi ruostumiselle, eikä täten vaadi erillistä pintakäsittelyä, kuten maalausta suojakseen. (Hind 2001, 52.) Yleinen trussivalmistajien käyttämä alumiiniseos on EN AW 6082 T6, joka on sekä kemiallisesti, että lämpökäsitelty metalliseoksen vahvistamiseksi. Alumiiniseoksilla on myös muita hyviä ominaisuuksia, joka tekee siitä vartenotettavamman metalliseoksen kuin teräs. Alumiinilla on hyvä vetolujuus ja se on kolmanneksi yleisin alkuaine maapallolla, jonka vuoksi sen saatavuus on hyvä. Toisin kuin rauta, jota teräksen valmistuksessa käytetään, alumiini ei reagoi juurikaan magneetteihin. Alumiinin lämmönjohtokyky on myös lähes nelinkertainen teräkseen verrattuna, mistä on hyötyä esimerkiksi tulipalotilanteissa. Hyvän lämmönjohtokyvyn ansiosta trussissa siirtyy liiallinen lämpö yhdestä kohdasta jakautuen tasaisesti muuhun rakenteeseen, mikä ehkäisee alumiinirakenteiden korkeasta lämmöstä johtuvaa paikallista heikentymistä. (Hind 2001, 15–17.)

3.2 Kantavuudet ja kuormitustaulukot

Trussia löytyy lähes jokaiseen esitystekniseen ripustustarpeeseen monessa eri kokoluokassa. Jokaiselta vartenotettavalta ja sertifioidulta valmistajalta tulisi löytyä eri tuotesarjoille ja tuotteille omat kuormitustaulukot, joista loppukäyttäjä pystyy tulkitsemaan kunkin trussituotteen kuormitettavuutta, trussilinjan taipumista eri tavoin jaetulla kuormalla.

Kuviossa 2 kuvitteellisen trussivalmistajan kuormitustaulukko 12-tuumaiselle trussille. Ulkomitoiltaan 12 tuumaa eli hieman alle 30 senttimetriä kanttiinsa oleva trussi on usein niin kutsuttua kevyttä trussia, joka soveltuu monenlaiseen ripustamiseen. Taulukon arvot pohjautuvat todellisiin trussivalmistajien taulukoihin, mutta arvot eivät ole minkään todellisen tuotteen arvoja.

Trussin kuormataulukko 290R

Span (Jänneväli)	UDL	Deflection (Taipuminen)	CPL	Deflection (Taipuminen)	2 x load (Kuorma)	Deflection (Taipuminen)	3 x load (Kuorma)	Deflection (Taipuminen)	4 x load (Kuorma)	Deflection (Taipuminen)
m	kg/m	mm	kg	mm	kg	mm	kg	mm	kg	mm
2,0	1000	5	2000	4	1000	5	667	4	500	5
4,0	497	18	1340	15	964	19	663	17	497	19
6,0	329	42	944	34	666	43	504	40	402	43
8,0	200	75	723	59	518	76	380	71	306	76
10,0	126	117	581	93	421	119	302	111	246	119
12,0	86	168	482	134	352	171	249	159	203	171
14,0	62	228	407	182	299	234	209	216	172	234
16,0	46	298	349	239	258	304	179	283	147	304
20,0	27	465	262	373	197	475	133	441	111	475

Useamman tukipisteen linjan kuormitus

Span (Jänneväli)	UDL	Deflection (Taipuminen)	CPL	Deflection (Taipuminen)	2 x load (Kuorma)	Deflection (Taipuminen)
m	kg/m	mm	kg	mm	kg	mm
2,0	799	0	1452	1	744	1
4,0	397	4	1442	6	733	5
6,0	262	12	1137	15	641	14
8,0	157	24	887	29	491	26
10,0	103	38	723	46	401	41
12,0	72	55	604	66	336	59
14,0	53	75	514	89	286	81
16,0	40	96	442	115	246	103

Cantilever kuormitus

Span (Jänneväli)	UDL	Deflection (Taipuminen)	1 x load (Kuorma)	Deflection (Taipuminen)
m	kg/m	mm	kg	mm
0,5	2006	0	1004	0
1,0	1000	1	1003	1
1,5	665	3	860	5
2,0	497	7	668	12
2,5	397	13	553	25
3,0	283	19	470	44
3,5	210	28	408	71
4,0	164	37	360	106

Kuvio 2. Jokaiselta trussivalmistajalta tulisi löytyä yllä olevan kaltainen taulukko eri tuotteille.

Tulkittakseen kuormitustaulukkoa tulee sen käyttäjän ymmärtää eri sarakkeiden ja rivien merkitykset. Ensimmäinen kuormataulukko, *Load Table*, kertoo käyttäjälle, kuinka yhtä tukipisteiden, esimerkiksi ketjunostimien, väliin jäävää jänneväliä voi kuormittaa.

SPAN ilmoittaa yhden tukipisteiden välisen janteen pituuden. Taulukot käsittelevät yleensä vain yhtä kahden tukipisteen välistä jänneväliä. Useamman tukipisteen järjestelmiin voidaan jokseenkin soveltaa tätä informaatiota aina kahden tukipisteen välillä.

CPL eli Centre point loads kaikkein epäsuotuisin ja eniten trussia kuormittava tapa sijoittaa taakka. CPL tarkoittaa sitä, että koko kuorma, esimerkiksi line array-kaiutin-pinkka, on ripustettu suunnilleen keskelle jänneväliä. Taulukon mukaan 6 m jänneväliillä CPL voi olla maksimissaan noin 945 kg. Maksimikuormat eivät kuitenkaan ole suositeltavia, koska trusseihin vaikuttaa monia muitakin ulkoisia voimia, kuten dynaaminen kuorma trussilinjan liikkeessä ja pysähtyessä, jolloin kuorman painosta aiheutuvat voimat kasvavat hetkellisesti, sekä käytöstä aiheutuva tuotteen ikääntyminen ja kuluminen, jotka heikentävät trussin ominaisuuksia.

DEFLECTION-sarake ilmaisee trussin kahden tukipisteen välisen jännevälän taipumisen kullakin sallitulla maksimikuormalla. On normaalia, että trussilinjat taipuvat kuormitettuna tai jopa pelkästään omasta painostaan. Humoristisesti voisikin sanoa, että trussi hymyilee.

2 x, 3 x, 4 x -sarakeet ilmaisevat jännevälin kuormitettavuuden pistekuormaa kohden, kun kuorma sijoitetaan tasaisesti 2-4 kohtaan jännevälille. Tällöin jännevälin kuormat tulisi sijoittaa siten, että ne jakautuvat kolmas-, neljäs- ja viidesosien välein.

UDL eli Uniformly distributed loads -sarake ilmoittaa kunkin jännevälin kuormitettavuuden metriltä, kun kuorma jaetaan tasaisesti koko jännevälin matkalle.

Seuraava taulukko ilmaisee *cantileverin* eli uloimman tukipisteen yli menevän trussin kuormitettavuuden. Tukipisteen yli jäävän trussin, *cantileverin*, kuormitus ei ole aivan niin suoraviivaista kuin voisi kuvitella. *Cantileverille* sijoitettu kuorma vaikuttaa koko muuhun trussiin, ja esimerkiksi kuormitettaessa vain trussin toisesta päästä saattaa syntyä kei-nulaudan kaltainen tilanne, jossa trussilinjan toinen pää voi nousta. Edellä mainitun kal-taisessa tilanteessa toisen pään tukipiste saattaa jäädä ilman kuormitusta ja uloimmalle *cantileverin* viereiselle tukipisteelle kohdistuu kohtuuttoman kova kuormitus. Pahim-massa tapauksessa trussi saattaa taipua tukipisteen kohdalta yli sallitun määrän ja antaa periksi tai tukipiste saattaa pettää liiallisen kuormituksen alla. *Cantileveri* toimii kuin vi-puvarsi, joten mitä pidempi *cantileveri* on ja mitä ulompana kuorma on, sitä suuremmat voimat trussin tukipisteeseen kohdistuu. Erään valmistajan mukaan hyvänä nyrkkisään-tönä *cantileverin* pituudesta voidaan pitää yhtä kuudesosaa ($1/6$) uloimman kahden tu-kipisteen välisestä jännevälisestä. Esimerkiksi 12 m mittaisen jännevälin tukipisteiden yli voidaan jättää 2 m *cantileverit* molempiin päihin, jolloin trussilinjan kokonaispituus olisi 16 m. Tämä laskutapa ja taulukon soveltaminen sen mukaan on kuitenkin viitteellistä, ja tarkemmat laskutoimitukset kuormien kasvaessa tulisi hoitaa rakenneinsinöörin tai päte-vän ripustajan toimesta.

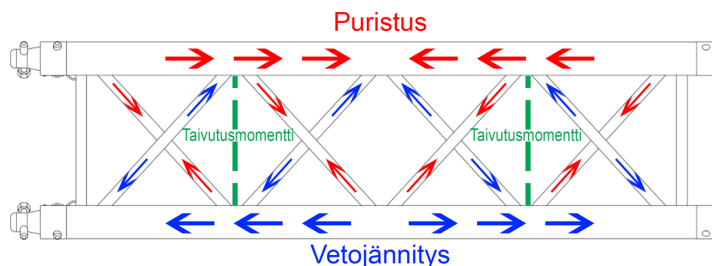
Multiple supported span -taulukko ilmaisee trussilinjan kuormitettavuuden kahden tuki-pisteen väliseltä jänneväliltä, kun trussilinja on tuettu kolmella tai useammalla tukipis-teellä. Tällaista taulukkoa ei ole saatavilla kaikilta valmistajilta. Taulukoita tulkitessa voi havaita, että useamman tukipisteen jännevälien sallittavat kuormat vaihtelevat jokseen-kin kahden tai useamman tukipisteen järjestelmissä. Useamman tukipisteen järjestel-missä lyhyempiä jännevälejä voidaan kuormitettavan vähemmän, kuin kahden tukipis-teen järjestelmissä. Vaihtoehtoisesti pidempiä jännevälejä voikin kuormittaa useamman pisteen järjestelmissä hieman enemmän.

Taulukot käsittävät vain suorat ja vaakatasoon ripustetut trussilinjat. Erilaisia kehikoita, kulmapaloja ja kaarevia linjoja koskevat hieman eri lainalaisuudet. Muiden kuin suorien

linjojen kuormituksesta kannattaa konsultoida kyseisten tuotteiden valmistajaa, mikäli kuormaa on suunniteltu paljon yhteen rakenteeseen. Neliputkisen trussin ripustaminen ”timanttina”, eli vain yhdet pääputket pysty akselin suuntaisesti, voi monesti olla kätevä tapa ripustaa vaikkapa videoseinä. Ristijäykistettyjäkin trusseja ei voida tässä asennossa kuormittaa kuin korkeintaan 2/3 valmistajan antamista kuormitustaulukoista.

3.3 Voimat

Trusseihin vaikuttavat kuormitettuna sekä sisäiset että ulkoiset voimat. Ulkoisia voimia ovat trusseihin kiinnitetyt kuormat, kuten esitystekninen kalusto, dynaamiset voimat sekä painovoima ja ympäristölliset tekijät. Dynaamisia voimia aiheutuu esimerkiksi sähköisten ketjunostimien pysähdyksistä ja liikkeelle lähdöistä. Ympäristöllisiä tekijöitä ovat muun muassa tuuli, lumikuorma sekä lämpötilat. Dynaamisten voimien laskemiseen vaaditaan tarkempia matemaattisia laskutoimituksia, mutta kokonaiskuormituksen arvioimiseen esimerkiksi tavallisen sähköisen ketjunostimen liikkeelle lähdön ja pysähdymisen aikana voidaan kokonaiskuorma kertoa kertoimella 1,2-1,5. (Blackbook 2018, 13–20.)



Kuvio 3. Havainnekuva ulkoisten voimien aikaansaamista sisäisistä voimista trussissa.

Ulkoiset voimat aiheuttavat trussiin sisäisiä voimia, jotka ovat normaalivoima, puristus (compression), vetojännitys (tension), taivutusmomentti (bending moment) sekä kierto-voima (torsion). Vinojäykisteet siirtävät näitä voimia trussin pääputkien välillä ja pitävät rakenteen kasassa kuormituksen alla. (Blackbook 2018, 13–15.)

Normaalivoima eli pinnan tukivoima on voima, joka vaikuttaa kohtisuoraan trussin ja sen komponenttien kontaktipintaan. Normaalivoima on relevantin, kun trussia käytetään pystysuunnassa esimerkiksi torneissa ja pylväinä. Normaalivoima vaikuttaa eniten trussin pääputkissa, mutta myös vinojäykisteissä, jotka ovat puristuksen tai vetojännityksen alaisina. Pääputkien paksuudella on vaikutus trussin kestävän normaalivoiman suuruuteen. (Blackbook 2018, 13.)

Taivutusmomentti eli bending moment on voima, joka aiheuttaa trussin taipumisen. Taivutusmomentti aiheutuu esimerkiksi trussin omasta painosta painovoiman aikaansaanana. Taivutusmomenttia kasvattaa myös kaikki trussiin lisätty kuorma. Taivutusmomentin myötä esimerkiksi neliputkisen trussin ylemmät pääputket ovat puristuksissa ja alemmat pääputket vetojännityksen alaisina. Vinojäykisteet pitävät ylä- ja alaputket paikallaan kuormituksen alla ja siirtävät trussin sisäisiä voimia, jotta rakenne ei rikkoudu näiden voimien sallituissa rajoissa. Siksi kaikki trusseihin kohdistuvat ulkoiset voimat, esimerkiksi ketjunostimien sidontapisteen sekä kuormat tulisi sijoittaa suoraan tai mahdollisimman lähelle node-pisteitä, mutta kuitenkin siten, etteivät ulkoiset tekijät paina tai muuten kuormita vinojäykisteitä. Trusseja ei saisi kuormittaa node-pisteiden välistä, ”vinojäykistekolmioiden” keskeltä. Pääputket saattavat taipua kahden node-pisteen välissä suuren kuorman alla, sillä tilanne on sama kuin trussin kuormittaminen keskeltä tukipisteitä (CPL). (Blackbook 2018, 13–14.)

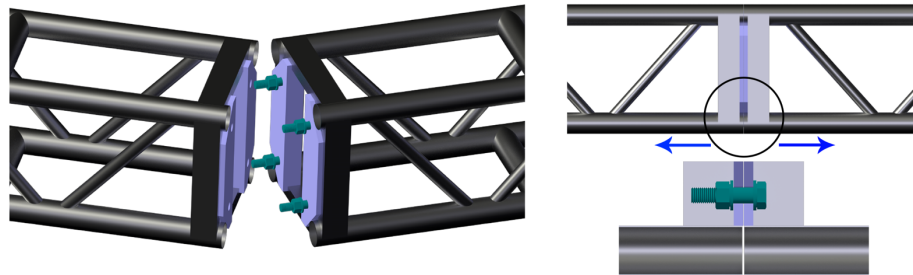
Kiertovoima eli torsio aiheutuu tilanteissa, joissa trussia kuormitetaan pituussuuntaan nähden toispuoleisesti. Tällainen tilanne aiheutuu esimerkiksi, jos kaikki kuorma on sijoitettuna samaan pääputkeen tai kuorma on sijoitettuna jonkin ulokkeen avulla trussin ulkopuolelle. Tällaisesta tilanteesta aiheutuvat voimat pyrkivät kiertämään trussia kuin korkkiruuvia. (Blackbook 2018, 16.)

Transversaali voima eli leikkausvoima on voima, joka kohdistuu trussin pääputkiin lähellä tukipisteitä tai kohtaan, jossa on suuri pistekuorma. Leikkausvoima pyrkii nimensä mukaisesti leikkaamaan trussin kahtia. Transversaali voima vaikuttaa vinojäykisteissä normaalivoimana.

3.4 Liitostavat

Jotta trusseista voitaisiin rakentaa erilaisia kokonaisuuksia ja pitkiä ripustuslinjoja, tulee palat voida liittää tiiviisti toisiinsa. Liitoksen tulee olla nopea, helppo ja sillä on oltava hyvä hyötysuhde, jotta liitokset ovat tarpeeksi kestäviä ja siirtävät voimia tehokkaasti eri trussipalojen välillä luoden useammasta osasta yhtenäisen kokonaisuuden. Yleisimmät liitostavat ovat kulmalevyliitos, putkiliitos, haarukkaliitos sekä kartioliitos.

Kulmalevyliitos

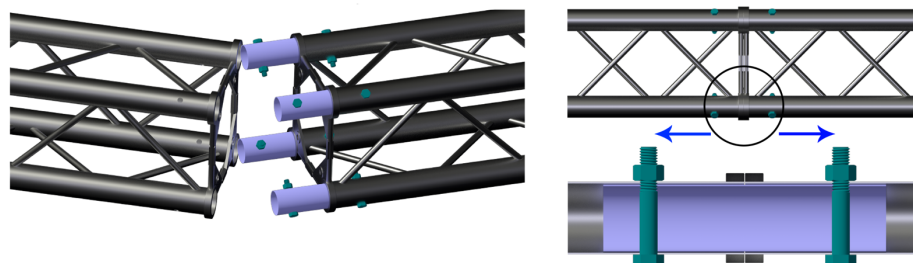


Taivuttava rasitus kohdistuu kulmalevyihin, rako alempien pääputkien saumassa.

Kuvio 4. 3D-malli sekä poikkileikkaus kulmalevyliitoksellisesta trussista.

Kulmalevyliitoksessa trussit liitetään toisiinsa trussin päissä olevilla kulmalevyillä, jotka yhdistetään pulteilla ja muttereilla. Tämä liitostapa on hidas ja hankala, koska pulttien kiinnittämiseen tarvitaan erilliset työkalut ja liitokset voivat jäädä löysälle. Tässä liitostavassa itse liitoskohtaan ja pultteihin kohdistuu taivuttava voima, jonka johdosta tällä liitostavalla tehtyjä trussilinjoja ei voida kuormittaa isoissa määrin, jotteivät liitoslevyt taivu tai repeä. Alempien pääputkien väliin jää tyhjää tilaa. (Blackbook 2018, 8–9.)

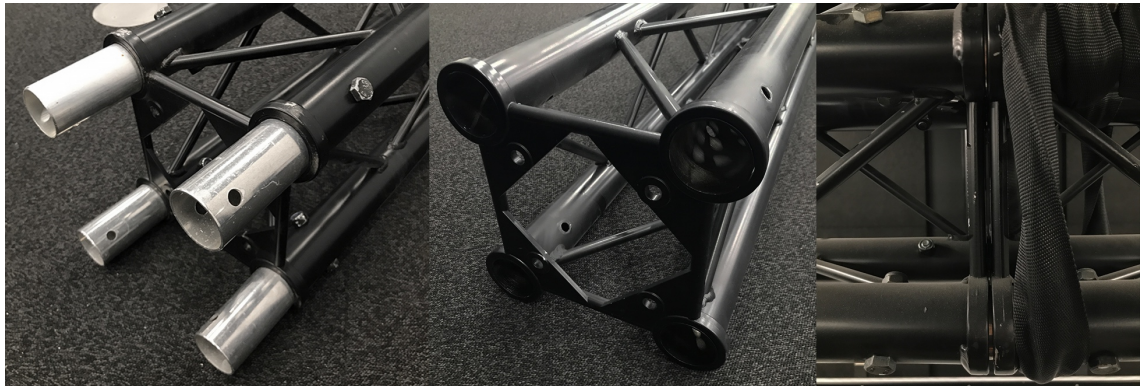
Putkiliitos



Suurin rasitus kohdistuu kiinnityspultteihin, rako alempien pääputkien saumassa.

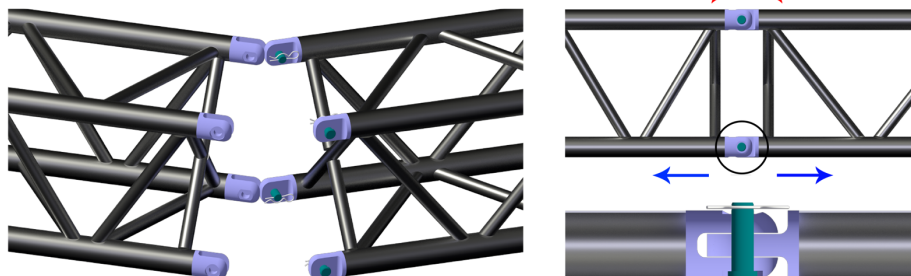
Kuvio 5. 3D-malli sekä poikkileikkaus putkiliitoksellisesta trussista.

Putkiliitoksessa pääputkien sisään sijoitetaan halkaisijaltaan pienempi liitosputki, joka kiinnitetään liitoksen molemmiin puolin pulteilla. Tässä liitostavassa on samoja haasteita, kuin levyliitoksessa ja erillisiä työkaluja tarvitaan. Liitosputkien reiät ovat myös alttiita kulumiselle, joka johtaa liitosten väljyyteen. Tällä liitoksella olevilla trusseilla ei yleisesti ole kovin suurta kantavuutta ja alempien pääputkien väliin jää tyhjää tilaa. (Blackbook 2018, 8–9.)



Kuvio 6. Kuvassa AstraLite AO4-L200 -trussi, joka yhdistetään putkiliitoksella. Kuvan oikeassa reunassa huomataan, kuinka liitoskohdassa alempien pääputkien väliin jää rako, vaikka linjan tukipiste on lähellä liitoskohtaa (Mattila 2020.)

Haarukkaliitos

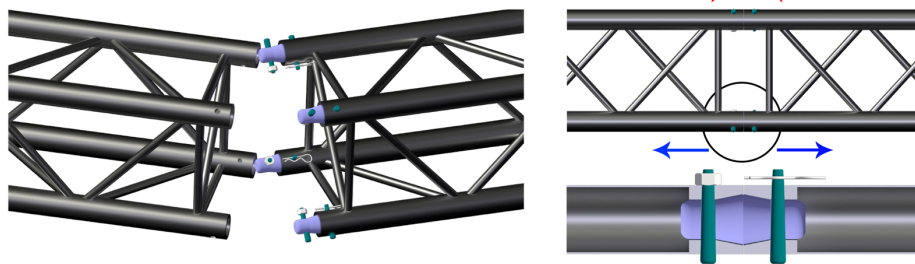


Väljentynyt haarukkaliitos aiheuttaa ylimääräistä taipumista.

Kuvio 7. 3D-malli sekä poikkileikkaus haarukkaliitoksellisesta trussista.

Haarukkaliitoksessa trussien päissä on kiinteästi joko haarukka tai erillinen levy, jotka yhdistyvät lomittain ja liitos kiinnitetään tapilla, joka kulkee haarukan ja levyn lävitse sekä varmistetaan sokalla. Tämän liitostavan etuna on vähäiset komponentit ja tornien tekemisen helppous, koska haarukkaliitos toimii saranana. Trussit tulee kuitenkin aina liittää oikein päin, jotta päät sopivat yhteen. Haarukkaliitoksen etuna on se, että liitoskohdat toimivat saranoina – tämä helpottaa trussitornien pystytystä. Haarukkaliitos on altis kulumiselle ja liitoksen väljistymiselle. (Blackbook 2018, 8–9.)

Kartioliitos



Kartiomaiset kiinnitystapit kompensoivat liitoskappaleen ja trussin liitosreikien kulumaa.

Kuvio 8. 3D-malli sekä poikkileikkaus kartioliitoksellisesta trussista.

Kartioliitos on nykyään yleisin liitostapa sen helppouden, hyötysuhteen ja pitkäikäisyyden johdosta. Liitos tehdään sijoittamalla trussien sisään molemmin päin kartiomainen liitoskappale, ”trussimuna”, joka liitetään paikalleen kartiomaisilla terästapeilla. Tämä liitostapa tekee liitoksesta erittäin tiiviin ja yhtenäisen, jolloin voimat siirtyvät tehokkaasti trussista toiseen. Tapit vasaroidaan paikalleen kuparivasaralla (kupari on pehmeämpää kuin alumiini, joten se ei vaurioita alumiinista trussia!) ja varmistetaan sokilla tai nyloc-muttereilla. Trussimunan sijoittamisessa tulee olla tarkkana, koska tappien reiät ovat sekä trussissa että munassa eri puolilla eri kokoiset tappien kartiomaaisuudesta johtuen. Kartioliitos saadaan oikein tehtynä varmasti tiiviiksi, vaikka trussissa tai liitoskappaleessa olisi ajan tuomaa kulumaa ja väljyyttä sillä kartiomainen tappi kompensoi kulumaa. (Blackbook 2018, 8–9.)



Kuvio 9. Kuvassa Prolyte Groupin kartioliitoksessa käytetty trussimuna. Huomaa kuinka tapit asettuvat oikein ja väärin asennettuna. Kuvan oikeassa laidassa tappi on asennettu oikein päin trussiputkeen, mutta trussimuna on väärin päin. Tappi on mahdollista vasaroida paikalleen voimalla, mutta sen irrottaminen on työlästä ja trussimuna sekä tappi voivat vaurioitua (Mattila 2020.)

3.5 Turvallinen käsittely ja tarkastaminen

Trussia tulee käsitellä sen kestävydestä huolimatta varoen, sillä alumiini on materiaalina pehmeä ja altis sekä näkyville että näkymättömille vaurioille kuten kolhuille ja kulumalle. Kaikki kuluma ja muutokset trusseissa voivat vaikuttaa sen toiminnallisuuteen ja luotettavuuteen, sillä trussin rakenteelliset ominaisuudet muuttuvat, eivätkä valmistajan lupaamat kantavuudet ole enää taattuja.

Trusseja liitettäessä on tärkeää muistaa käyttää työkaluja, jotka eivät vahingoita alumiinia. Koska inhimillisessä työssä osumatarkkuus ei ole aina täydellinen, ovat kuparivasarat vakiintunut työkalu alumiinisten trussien kanssa työskentelyyn. Kupari on alumiinia pehmeämpää materiaalia, mutta tarpeeksi kovaa, jotta se soveltuu trussitappien vasaroimiseen esimerkiksi kumi- ja puunuijia paremmin. Rautavasaraa käyttävä saa liiankin helposti naarmuja ja lommoja aikaiseksi vasaran osuessa trussiin vasaroitavan tapin sijasta.



Kuvio 10. Kuparivasara on pehmeämpi kuin trussien liitostapit, joten se voi muuttaa muotoaan käytössä (Mattila 2020.)

Käyttäjän tulee tehdä trusseille sekä muille nostoapuvälineille ja työkaluille silmämääräinen tarkastus jokaisella käyttökerralla. Vaurioituneet trussit ja nostoapuvälineet tulee poistaa käytöstä välittömästi. Hylkäysperusteita ovat silmin havaittavat ulkoiset vauriot, joita ovat esimerkiksi syvät lommot ja naarmut, reiät sekä vääntyneet tai muuten muotoaan muuttaneet osat sekä pettäneet hitsaussaumamat ja korroosion aiheuttamat muutokset. Jokaiset trussit tulisi yksilöidä ja niiden huollot ja tarkastukset olisi hyvä dokumen-

toida. Tämä saattaa vaikuttaa työläältä, mutta helpottaa esimerkiksi vuokrattujen trussien ja vuokrauksen tai oman käytön aikana aiheutuneiden vaurioiden jäljittämistä ja mahdollisten korvausten saamista. Jokaiselle trussituotteelle olisi hyvä tehdä vähintään vuotuinen dokumentoitu tarkastus ja lähettää vaurioituneet tuotteet valmistajalle huollettavaksi tai poistaa käytöstä ja tuhota tuotteet, jottei jatkokäyttö olisi mahdollista.



Kuvio 11. Näkyviä vaurioita trusseissa, jotka täyttävät hylkäysperusteet (Mattila 2020.)

Yksityiskohtaisempaa tietoa trusseista ja niiden käytöstä löytyy englanniksi Prolyte Groupin Blackbook-teoksesta, jonka voi ladata ilmaiseksi PDF-tiedostona Prolyte Groupin Internet-sivuilta.

4 Nostoapuvälineet

Nostoapuvälineet ovat komponentteja, joita käytetään osana erilaisia nostoja. Tapahtumatuotannoissa ne liittyvät useimmiten taakan, kuten trussien, kiinnittämiseen sähköisiin ja käsikäyttöisiin ketjunostimiin tai suoraan rakenteisiin. Nostoapuvälineet ovat siis tuotteita, joilla asioita voidaan liittää toisiinsa turvallisten ja toimivien ripustusten toteuttamiseksi. Nostoapuvälineitä on olemassa monia erilaisia ja niitä valmistetaan muun muassa eri metalleista ja synteettisistä tekokuiduista, kuten polyesteristä. Tässä kappaleessa eritellään yleisimpiä nostoapuvälineitä esitysteknisessä ripustamisessa.

4.1 Raksit ja nostovyöt

Raksit ovat joko teräksestä tai polyesterista valmistettuja sidontaliinoja, joita käytetään ripustuspisteen tekemiseen tai ripustettavan elementin kiinnittämiseen. Raksit voivat olla

umpinaisia silmukoita tai päätysilmukoin varustettuja liinoja ja vaijereita. Eri materiaaleista valmistetuilla rakseilla on erilaisia lujuusominaisuuksia ja erilainen käsiteltävyys, kuten taipuminen rakenteiden ja ripustettavien asioiden ympäri. Päättymättömiä nostorakseja kutsutaan usein *slingeiksi*.

4.1.1 Päälysteraksit, soft steelit ja nostovyöt

Päälysteraksit, jotka tunnetaan myös *slingeinä* ja *spanseteina* tai nostoliinoina, ovat tekokuiduista valmistettuja päättymättömiä nostoapuvälineitä. Päälysteraksit ovat kevyitä sekä taipuisia ja niitä on saatavilla useilla työkuormilla ja eri mitoilla. Ne soveltuvat erityisen hyvin herkempien materiaalien, kuten alumiinisten trussien, nostamiseen pehmeiden ja taipuisien valmistemateriaaliensa vuoksi. Päälysteraksien sisällä on taakan kantava keinokuituinen lankavyöhyt, joka on useimmiten valmistettu nylon- tai polyesterikuidusta ja päälystetty suojakankaalla. Suojakankaan värikoodaus kertoo päälysteraksin painoluokituksesta, mutta esitystekniikan piirissä suositetaan mustia päälysterakseja. Jokaisesta päälysteraksista löytyy etiketti, josta selviää valmistaja ja valmistusaika, sallittu työkuorma WLL (working load limit) eri kulmilla, CE-merkintä ja pituus sekä materiaali ja yksilöllinen tunnistenumero. Pituus ilmaistaan yleensä esimerkiksi 1/2m, joka tarkoittaa, että päättymättömän päälysteraksin EWL (effective working length) on suorana 1m, mutta sen ympärysmitta on 2m. Alan eri toimijoilla ja tekijöillä on tapana vanhasta tottumuksesta puhua vain toisesta pituudesta, joten pyydetessä 2m *slingiä* on hyvä varmistaa, kumpaa mittaa tarkoitetaan. Toisinaan nostoapuvälineiden sallitusta maksimikuormituksesta käytetään myös merkintöjä SWL (safe working load) tai NWL (normal working load).

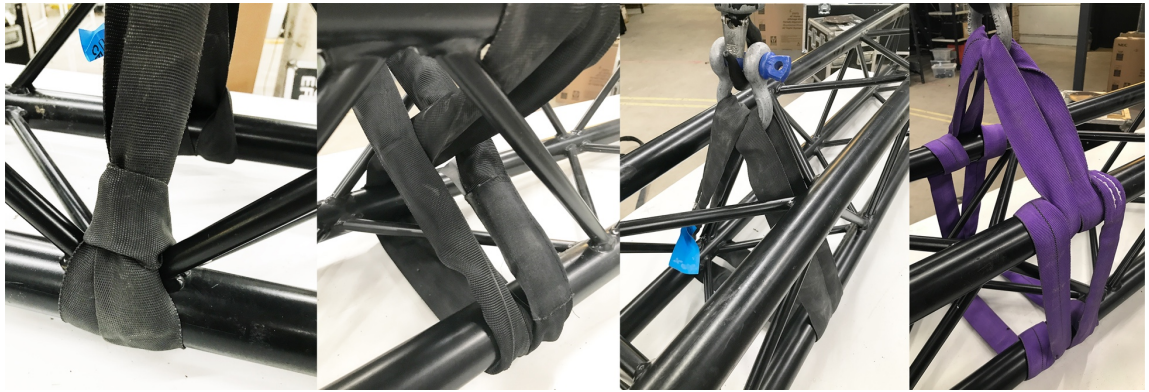
Tekstiilipäälysteraksien varmuuskerroin on 7:1 eli niiden laskennallinen murtolujuus on 7 kertaa sallitun enimmäiskuormituksen (WLL). Käyttölämpötila on yleisesti -40 - 100 °C. päälysteraksien kanssa tulee olla tarkkana, etteivät ne ole liian lähellä voimakkaita valonheittimiä tai pyroteknisiä tuotteita kuten kipinäsuihkuja. Päälysterakseja käytettäessä tulee suorittaa silmämääräinen tarkastus jokaisella käyttökerralla. Raksit sidotaan nostettavan asian ympärille siten, että päälysteraksi on suorassa eikä kierteellä ja päälysteraksin liitoskohdan ompeleet eivät ole taakan tai muiden nostoapuvälineiden kohdalla. Kuormat tulisi sitoa siten, että taakka ei makaa raksin päällä ja rakseja ei tulisi vetää taakan alitse siten, että ne hankaavat maahan. Päälysterakseja ei saa koskaan yhdistää solmimalla vaan niiden liittämiseen tulee käyttää asianmukaisia nostoapuvälineitä, kuten sakkeleita. Päälysteraksit tulee pitää erillään myös liuottimista ja muista kemikaaleista

sekä mahdollisuuksien mukaan suojata suoralta auringonvalolta. Päälysterakseja säilytetään kuivassa ja hyvin ilmastoidussa tilassa. Kastuneet päälysteraksit ripustetaan kuivamaan ilman erillistä kuivatusta.

Soft steelit ovat teräsvaijerivyyhdistä valmistettuja päälysterakseja. Taakan kantaa siis keinokuituisen ytimen sijasta useista vaijereista koostuva ydin. Soft steelit ovat erityisesti teatteri- ja esitystekniikan käyttöön toteutettuja mustalla suojavaipalla päällystettyjä päälysterakseja. Eroavaisuutena tavanomaisiin päälysterakseihin on soft steelien lämmönsietokyky, joka on jopa 175 °C, joten ne ovat turvallisempi vaihtoehto erityisesti valaisimien ja pyroteknisten tuotteiden läheisyydessä. Soft steelien varmuuskerroin on 5:1.

Silmukka- ja umpinostovyöt ovat tekokuiduista valmistettuja nostoapuvälineitä, kuten päälysteraksit. Ulkomuodoltaan ne poikkeavat päälysterakseista sillä rakenteeltaan ne ovat litteitä, kuten kuormaliinat. Umpinostovyöt ovat nimensä mukaisesti umpinaisia nostovöitä aivan kuten päälysteraksit. Silmukanostovyö ovat suoria nostovöitä, joiden molemmissa päissä on kavennetut ja mahdollisesti vahvistetut silmukat. Nostovyöt ovat monilta osin verrattavissa päälysterakseihin ja ne soveltuvat samoihin käyttötarkoituksiin. Nostovöiden varmuuskerroin on 7:1.

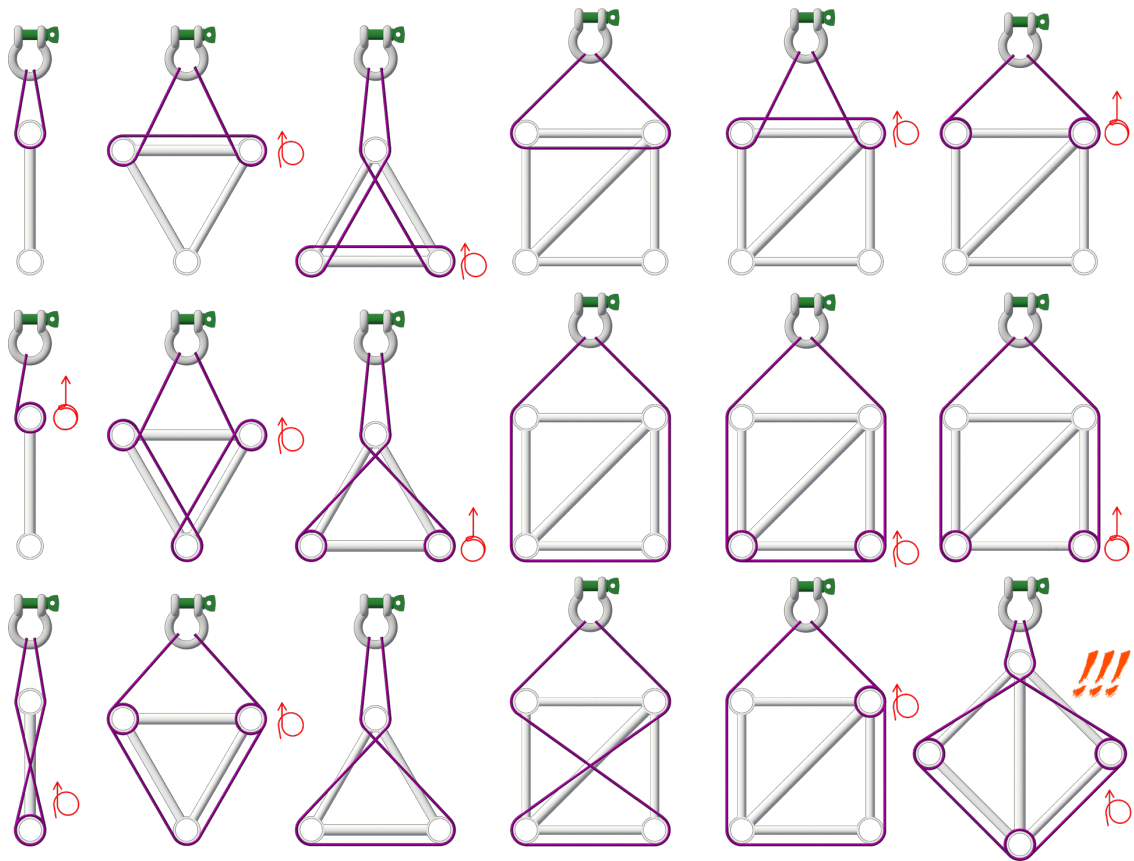
Päälysteraksien ja nostovöiden hylkäysperusteita ovat puutteellinen tai puuttuva etiketti sekä yli 10 vuoden käyttöikä. Muita hylkäysperusteita ovat pinnalliset näkyvät vauriot, kuten viillot ja repeämät, revenneet ompeleet ja lämpö-, kitka- tai kemikaalivauriot. Päälysteraksien suojavaipassa olevat vauriot viittaavat mahdolliseen kuormaa kantavan ytimen vaurioon. Päälysterakseja ja nostovöitä ei saa käyttää solmittuna tai keskenään yhteen liitettynä. Tällä tavoin käytetyt päälysteraksit ja nostovyöt tulee poistaa käytöstä. Raksit ja vyöt tulisi tarkastaa säännöllisesti, ahkeralla käytöllä jopa kuukausittain, ja tarkastukset tulee dokumentoida.



Kuvio 12. Esimerkkejä päällysteraksien sidonnoista (Mattila 2020.)



Kuvio 13. Soft steelin sekä nylon-päällysteraksin etiketti, ydin. Lisäksi esimerkki vauriosta suojasukassa ja tapa tehdä raksista käyttökelvoton katkaisemalla se (Mattila 2020.)



Kuvio 14. Trussin sidontatapoja päällysterakseilla. Suositelluimmat sidonnat toteutetaan yhdellä tai kahdella raksilla, jotka kulkevat trussin jokaisen pääputken kautta. Sidonnat tulisi sijoittaa suoraan tai mahdollisimman lähelle node-pistettä, mutta kuitenkin siten, että käytettävä raksi ei rasita trussin vinojäykisteitä. Kaikki trussit, erityisesti vanhemmat, joiden vinojäykisteet ovat symmetriset vastakkaisilla sivuille, eivät sovellu nostettavaksi pelkästään yläputkista. Asian voi tarkastaa tuotteen valmistajalta.

4.1.2 Teräsraksit

Teräsraksit ja teräsköydet eli *steelit* ovat teräslangasta yhteen punomalla valmistettuja eri mittaisia nostoapuvälineitä. Teräsraksit on yleisesti päätelty kousseilla ja erilaisilla puristusholkeilla, mutta päätesilmukat voivat olla myös pelkästään teräsköyttä. Teräsrakseissa on ristipunottuna useita teräslankapunoksia kuitu- tai terässydämen ympärille. Teräsraksit voivat olla myös päällystettyjä käyttömukavuuden lisäämiseksi. Teräsköydet eivät juurikaan veny ja venymä saa olla yleisesti korkeintaan prosentin nimellispituudesta. Raksien ylin käyttölämpötila on tyypillisesti 100 °C. Varmuuskertoimen on 5:1 eli teräsköyden laskennallinen murtolujuus on viisi kertaa sallitun enimmäiskuormituksen eli WLL (working load limit) verran. Teräsrakseja ei kuitenkaan missään olosuhteissa saa

kuormittaa yli sallitun enimmäiskuormituksen. Teräsrakseja voidaan käyttää päällystetraksien tapaan kuorman sitomiseen sekä yläripustuspisteiden tekemiseen rakenteiden ympärille. Teräsraksien kanssa on hyvä käyttää pehmusteita kuten säkkikangasta (bur-laps) suojaamaan raksia teräviltä kulmilta ja kulumalta. Teräsrakseja voidaan käyttää myös bridle-ripustuksiin, tukivaijereina, toissijaisena ripustuksina (safety) tai ripustuspisteiden jatkona (stinger, drop), jolla saadaan ketjunostimien ripustuspistettä tuotua alemmas esimerkiksi tapauksessa, jossa ketjunostimen oma ketju ei ole riittävän pitkä yltämään maasta ripustuspisteeseen asti. Teräsraksit ovat yleinen osa niin kutsuttua basket-ripustuspistettä, jota käsitellään myöhemmin tässä työssä.

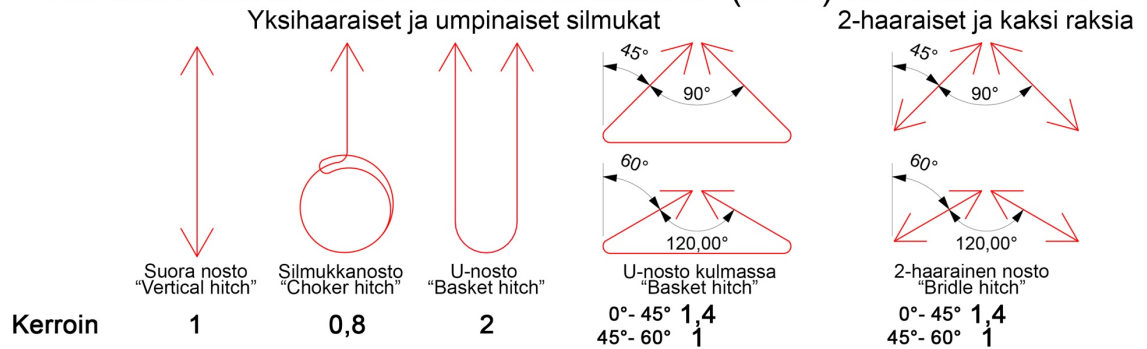


Kuvio 15. Kuormakilven mukaan 0,7t luokiteltu teräsraksi (Mattila 2020.)

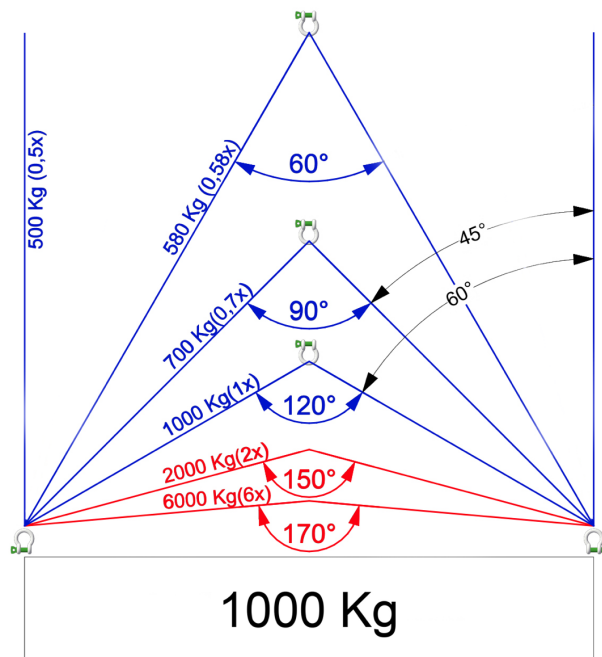
Teräsraksien ylläpitoon kuuluu säännöllinen lian puhdistus ja voitelu sekä säilyttäminen kuivassa. Teräsraksit tulisi mieluiten säilöä telineissä, mutta mikä tahansa muu säilytysratkaisu kuin lattialla tai maassa säilöminen on riittävä. Raksit tulee tarkastaa jokaisella käyttökerralla silmämääräisesti näkyvien vaurioiden ja muutosten osalta. Teräsrakseissa tulisi aina olla tunnistelevy, josta käy ilmi valmistaja, sallittu työkuorma, valmistuspäivämäärä sekä CE-merkintä ja teräsraksin sallittu kuormitus eri kulmissa. Tunnistelevyn puuttuminen tai lukukelvottomuus johtaa teräsraksin käytöstä poistamiseen. Muita käytöstä poistamiseen johtavia hylkäysperusteita ovat teräsraksin muodonmuutokset, kuten

oikeamaton kierre, puristumat ja kulmat tai muu näkyvä pinnallinen vaurio ja selkeä kuluma. Myös puristusholkkien tai muiden päätteiden vauriot ja useat samasta kohdasta katkenneet teräslangat ovat hylkäysperusteita. Teräsrakset tulisi tarkastaa vuosittain ja tarkastukset tulisi dokumentoida.

Raksien sallitun enimmäiskuormituksen (WLL) turvakertoimet



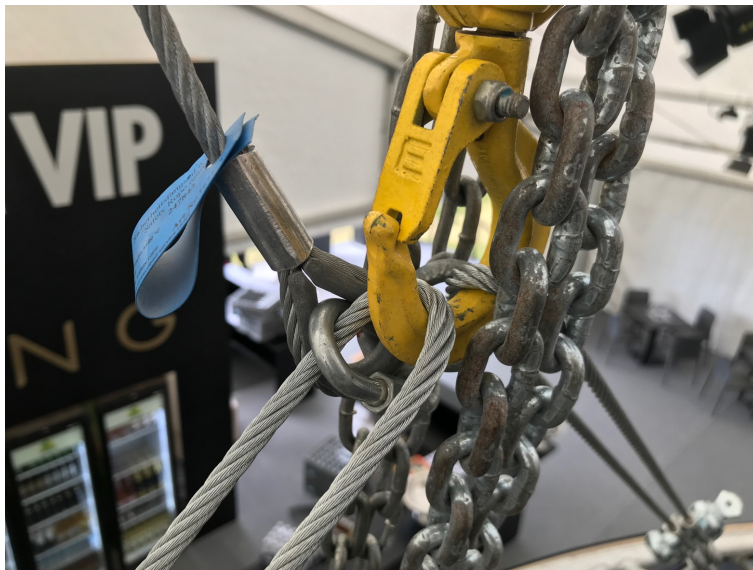
Kuvio 16. Tekstiili- ja teräsrakset sekä nostovöiden kuormituskertoimia erilaisissa nostoissa ja ripustuksissa.



Kuvio 17. Nostorakset asennuskulman vaikutus kuorman jakautumiseen.

4.2 Komponentit

Nostoraksien, nostimien ja nostettavan taakan yhteen liittämiseen tarvitaan erilaisia nostoapuvälineiksi luokiteltavia komponentteja, jotka ovat erittäin tärkeässä osassa turvallista ripustuskokonaisuutta. Helposti voisi ajatella, että päällysteraksit olisi näppärä kiinnittää suoraan nostimen koukkuun. Tämä ei kuitenkaan ole hyväksyttävä toimintatapa, sillä nostimien koukut on suunniteltu kuormitettavaksi vain pystysuoraan, mutta nostoraksien päät tulevat esimerkiksi trussia sidottaessa lähes järjestäen erilaisiin kulmiin suhteessa pystysuoraan linjaan. Tämän lisäksi nostoraksit saattavat taakan eläessä pahimassa tapauksessa luiskahtaa ulos koukusta, vaikka esitysteknisessä ripustamisessa käytettävät koukut on aina oltava jousikuormitetulla salpakoukulla varustettuja. Onneksi tarjolla on nostoapuväline lähes jokaiseen käyttötarkoitukseen.



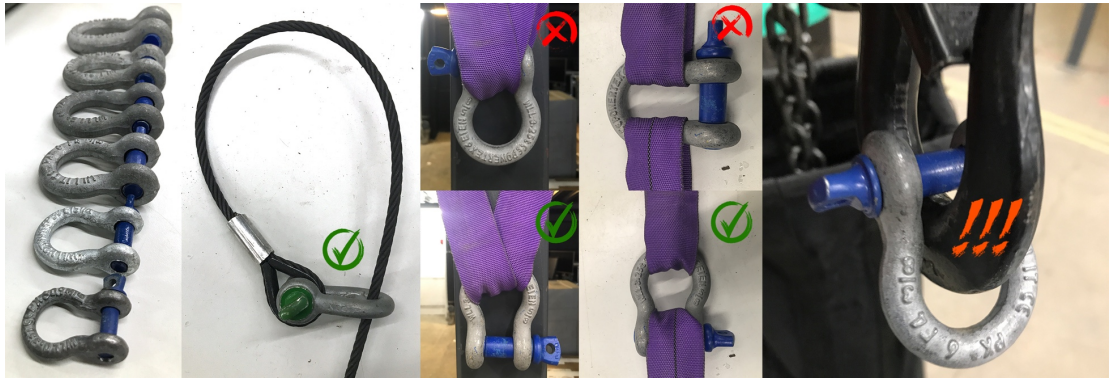
Kuvio 18. Nostokoukkuja ei tule kuormittaa väärin, kuten kuvassa. Yllä olevassa kuvassa pielessä on myös moni muu asia, kuten teräsraksien käyttäminen liian jyrkässä kulmassa koukun ympäri sekä ketjun pikalukosta ja teräsraksista tehty *safety*, joka ei varmista kiinnitettyä taakkaa (Mattila 2020.)

4.2.1 Sakkelit

Sakkelit ovat yleisesti lämpökäsitellystä teräksestä valmistettuja nostoapuvälineitä, jotka on suunniteltu erityisesti muiden nostoapuvälineiden, nostinten ja nostettavan taakan yhteen liittämiseen. Sakkeleita on olemassa useita eri koko ja malleja, joista tulee valita soveltuvin kulloiseenkin nostoon ja ripustukseen. Ne ovatkin ehkä eniten käytettyjä liitos-

ja nostoapuvälineitä esitystekniikan parissa. Jokaiseen työhön tulee valita sopivan kokoinen sakkeli, joka on riittävä sekä nostettavan taakan että käytettävien nostoapuvälineiden yhteen liittämiseen. Koon tulee olla sellainen, että sakkelin runko sekä tappi istuvat kiinnitettävään välineeseen siten, että sakkeli ei jää kantamaan. Esimerkiksi sakkeli voi olla riittävä nostettavalle kuormalle, mutta kooltaan liian pieni nostimen koukkuun, jolloin koukusta aiheutuu sakkeliin sivuttain levittävä rasitus. Käyttäjän tulee olla tarkkana, jotta rasitus kohdistuu varmasti haluttuun sakkelin osaan, eikä esimerkiksi tappi jää ilman kontaktia.

Yleisimmät sakkelityypit ovat suora ja pussisakkeli. Suorat sakkelit soveltuvat nimensä mukaisesti vain kohtisuoraan kuormitukseen sakkelin rungon ja tapin välillä. Pussisakkeleita voidaan kuormittaa tietyin ehdoin kohtisuorasta poikkeavaan suuntaan, kunhan kuormitus kohdistuu sakkelin kaarelle. Sakkeleita ei saa kuormittaa sivusuunnassa! Tappeihin saa kohdistua vain ja ainoastaan kohtisuora kuormitus. Sakkeleiden tapit joko kierretään kiinni sakkelin runkoon tai ne lukitaan paikalleen mutterilla ja varmistusokalla. Kiinteissä asennuksissa tulee käyttää mutterilla ja sokalla varmistettavia sakkeleita. Sakkeliden tapit ja rungot ovat yksilöitä, joten tappeja ja sakkeleita ei tulisi sekoittaa keskenään. Mikäli tappi ei tunnu kiertyvän kunnolla sakkelin runkoon, tulee se poistaa käytöstä tai tutkia onko kierteiden välissä likaa. Sakkeleiden tappeja ja muttereita ei saisi kiristää työkalulla edes kiinteissä asennuksissa, vaan ne tulee laittaa sormikireydelle. Tappi saattaa kiristyä käytössä entistä enemmän ja sellaisen sakkelin irrottaminen yläilmoissa ei ole turvallista. Sakkeleiden tappien päässä on reikä, jonka avulla tappi voidaan varmistaa eli *mousata* sakkelin runkoon esimerkiksi rautalangalla tai nippusiteellä. Sakkelit eivät saa jäädä puristuksiin rakenteita tai kuormaa vasten, jotta ne eivät vaurioidu. Pussisakkeleiden kaarta saa kuormittaa symmetrisesti enintään 60° pystyakseliin nähden, jolloin haarojen välinen kulma on enimmillään 120°. Sakkeleiden tappeja kuormittaessa tulisi pitää huoli siitä, että kuorma kohdistuu keskelle tappia, jotta sakkeli ei käänny vinoon ja siten kuormitu toispuoleisesti, sillä tappi on todennäköisesti ensimmäisenä sakkelistä pettävä osa, mikäli sakkeliin kohdistuu sivusuuntainen veto. Tappi tulee myös aina sijoittaa siten, että se ei pääse esimerkiksi silmukanostossa kiertymään auki – tappi siis raksin silmukkaan ja runko raksin jatkuvalle osalle.



Kuvio 19. Huomioita sakkeleiden asemoinnista. Oikeassa laidassa on valittu liian pieni sakkeli käytettävän nostimen koukkuun ja sakkeli jää kantamaan (Mattila 2020.)



Kuvio 20. Vaikka käytetyn sakkelin WLL on moninkertainen käytettävän ketjunostimen työkuormitukseen, on kuvan mukainen asennus kyseenalainen. Tappiin saa kohdistua vain ja ainoastaan pystysuora kuormitus, mutta kuvan asennuksessa sakkelin tappiin kohdistuu eri suuntaiset voimat, jotka pyrkivät taivuttamaan sakkelin tappia. Tästä voi olla seurauksena koko sakkelin rungon vääntymisen suuren kuormituksen seurauksena (Mattila 2020.)

Sakkeleiden rungosta pitää löytyä tiedot valmistajasta, enimmäiskuormitus (WLL) tonneina, sakkelin rungon halkaisija milleinä tai tuumina sekä CE-merkintä. Muita merkin-

töjä voi olla sakkelin varmuuskerroin, sallittu kaareen kohdistuvan taakan kuormituskulma, valmistusmateriaali sekä valmistuserän koodi tai päivämäärä. Hyväksytyjen sakkeleiden varmuuskerroin on yleisesti 6:1 ja käyttölämpötila -20–200°C. Mikäli jokin pakollisista tiedoista puuttuu, ei sakkelia voida käyttää ripustusten toteuttamiseen ja ne tulee poistaa käytöstä. Käyttäjän tulee jokaisella käyttökerralla suorittaa silmämääräinen tarkastus. Mikäli sakkelin merkinnät ovat puutteelliset tai sakkelin rungossa tai tapissa on vaurioita tai muodonmuutoksia, kuten säröjä, korroosiota, taipumaa tai rikkoutuneet kierteet, tulee se poistaa käytöstä. Hyvä tapa merkitä vialliset sakkelit vian havaitessa on kiertää sakkelin tappi ulkopuolelle, jotta sakkeli tiedetään poistaa käytöstä. Sakkeleita ei saisi tiputtaa eikä varsinkaan käyttää lyömävälineenä, sillä väärinkäytöstä voi aiheutua sisäisiä vaurioita, joita ei pysty näkemään päältä päin. Sakkeleita ei saisi altistaa voimakkailla kemikaaleilla eikä niiden rakennetta saa muuttaa. Monella alan yrityksellä on tapana merkitä omat sakkelit tietyn värisellä maalilla tai tussimerkinnoilla, koska päältä päin sakkelit ovat melko identtisiä. Sakkelitkin tulisi tarkastaa säännöllisesti.



Kuvio 21. Erilaisia sakkeleita ja sakkeleiden liitostapoja. Kaikissa kuvan sakkeleissa ei ole vaadittuja merkintöjä, joten niitä ei tule käyttää minkäänlaisiin ammattimaisiin nostotöihin ja ripustuksiin. Kuvan oikeassa alalaidassa esimerkki tapin varmistuksesta, liian suuresta kokoerosta sekä tapa merkitä käytössä puutteelliseksi havaittu sakkeli (Mattila 2020.)

4.2.2 Nostorenkaat eli master linkit

Nostorenkaat ovat yleensä lämpökäsitellystä teräksestä valmistettuja nostoapuvälineitä. Ne ovat useimmiten ovaalin tai päärynän muotoisia 4:1 varmuuskertoimella. Nostorenkaat ovat kiinteänä osana yksi- ja monihaaraisia kettinkirakseja ja ketjun lyhennyskomponentein varustettuja säätöketjuja. Nostorenkaita voidaan käyttää myös sellaisenaan liittämään useampi nostoraksi sakkelein samaan pisteeseen. Nostorenkaissa voi olla

myös integroituna lisärenkaita, jotka helpottavat liitettävien komponenttien organisoinnista esimerkiksi useamman haaran bridle-ripustuksissa tai taakkaa sidottaessa useasta pisteestä. Nostorenkaissa on kokonsa puolesta enemmän tilaa useammalle sakkelille ja muille nostoapuvälineille, kuin esimerkiksi yksittäisessä sakkelissa. Nostorenkaita on saatavina useilla eri työkuormilla ja laatuluokituksilla. Komponenttien luokitus kertoo tuotteen lujuusominaisuuksista, esimerkiksi 10-luokan komponentti on työkuormaltaan ja käyttölämpötilaltaan jonkin verran suurempi kuin 8-luokan ulkoisilta ominaisuuksiltaan vastaava komponentti. Luokan 12 komponentit ovat kaikkein vaativimpiin nostoihin ja olosuhteisiin. Nostorenkaita on tarjolla esimerkiksi luokissa 6, 8, 10 ja 12.

Nostorenkaista tulisi löytyä valmistajan tuotekoodi, CE-merkintä, luokka sekä sallittu työkuorma (WLL). Nostorenkaita koskevat käytännössä samat määräykset kuormitettavuudesta kuin pussisakkeleita. Nostorenkaiden kuormitus saa olla sivuttaissuunnassa enintään 60° pysty akseliin nähden, jolloin symmetristen haarojen välinen kulma on enintään 120°. Esimerkiksi 3- ja 4-haaraisissa kettinkirakseissa on siis lisärenkaita, joihin haarat on kiinnitetty, jotta yhteen nostorenkaaseen ei kohdistuisi voimia useasta eri suunnasta. Nostorenkaita ei saa kuormittaa suoraan sivuilta vaan kuormitus tulee kohdistaa nostorenkaiden kaariin. Nostorenkaiden käsittely ja ylläpito ovat verrattavissa sakkeleihin.

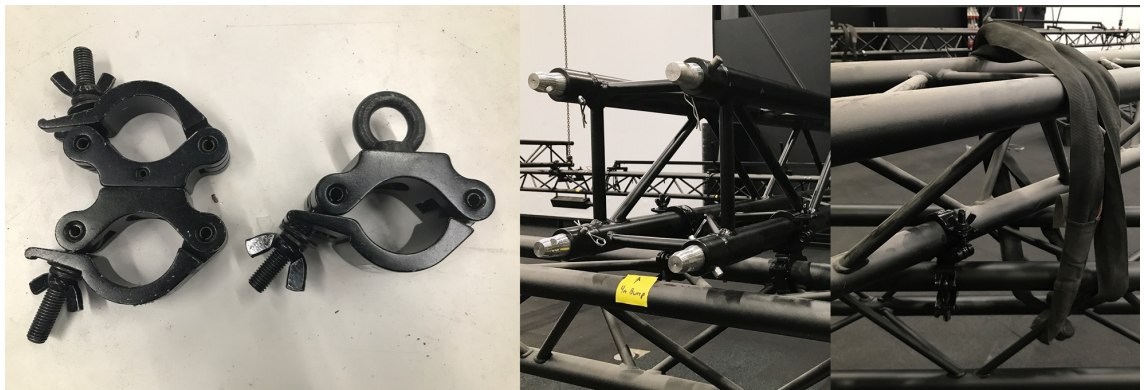


Kuvio 22. Nostorengas sellaisenaan sekä osana ketjuraksia (Mattila 2020.)

4.2.3 Nostopalkit ja käsiraudat

Nostopalkit ovat nostoapuvälineitä, joita voidaan käyttää raksien sijasta trussin kiinnittämiseen. Nostopalkeissa on usein nostosilmukka ketjunostimen kiinnittämiseen sekä sivuttaissuunnassa säädettävät puolikäsiraudat trussin kiinnittämiseen. Nostopalkeista tulee löytyä tiedot maksimikuormituksesta, valmistajasta sekä CE-merkintä.

Käsirautoja on montaa eri kokoa ja painoluokitusta. Valittavana on puolikkaita käsirautoja tai kahden käsiraudan yhdistelmiä, jotka voivat pyöriä vapaasti tai olla niin sanotusti jäykkiä. Tuplakäsirautoilla voidaan esimerkiksi kiinnittää trusseja toistensa ylä- tai alapuolelle. Siipimutterillisistä käsirautoja ei tulisi kiristää työkaluilla, mutta on olemassa myös käsirautoja, jotka kiristetään mutterilla ja varmistetaan siipimutterilla. Käsirautoista tulisi löytyä aina tavallinen- tai jousialuslaatta, joka tulee käsiraudan ja mutterin väliin. Käsirautaan voidaan liittää esimerkiksi nostosilmukka, jolloin sillä liitettävä kuorma voidaan liittää nostimeen sakkellilla. Käsirautoista tulee löytyä merkintä niiden sallitusta työkuormituksesta sekä CE-merkintä. Kuten kaikki muutkin nostoapuvälineet, tulee käsiraudat ja nostopalkit tarkistaa silmämääräisesti, jokaisella käyttökerralla ja ne tulee poistaa käytöstä tai huoltaa, mikäli huomataan puutteita.



Kuvio 23. Käsirautoja ja trussin päälle käsiraudoilla kiinnitetty niin kutsuttu *bumper* ja trussin alapuolelle ripustettu trussi, joka on varmistettu erillisellä *safetylla*, joka on toteutettu soft steelillä (Mattila 2020.)



Kuvio 24. Eurotruss -nostopalkki nostosilmukalla ja puolikäsirautoilla. Käsiraudat tulee kiinnittää sellaiseen kohtaan, jossa ne eivät rasita trussin vinotukia. Kuvan asennus on siis toteutettu huonosti ja nostopalkki tulisi siirtää (Mattila 2020.)

4.2.4 Reutlinger -vaijeritarrain



Kuvio 25. Erilaisia Reutlinger-tuotemerkin vaijeritarraimia. Itse Reutlinger -vaijeritarrain on kuvassa näkyvä musta lieriö, jonka läpi vaijeri kulkee (Mattila 2020.)

Reutlingerit ovat saksalaisen Reutlinger GmbH -yrityksen valmistamia nostoapuvälineitä. Reutlingerit soveltuvat lähinnä kevyiden kuormien ripustamiseen, sillä niiden esitystekniseen ripustuskäyttöön tarkoitettujen tuotteiden työkuormat vaihtelevat 60 – 480 kg välillä. Reutlingerien työkuorma riippuu käytettävästä Reutlingerista ja vaijerin halkaisijasta. Reutlingerien toimintaperiaate on Reutlingerin läpi kulkevan vaijerin pituuden säätäminen, jonka voi tehdä lähes millin tarkkuudella, joten Reutlingerit soveltuvat hyvin kevyiden asioiden ripustamiseen silloin, kun tarvitaan joustavaa ja tarkkaan säädettävää ripustusratkaisua. Jokaisen Reutlingerin kyljestä löytyy kuormitustaulukko kunkin käytettävän vaijeripaksuuden mukaan.

4.2.5 Palkkitarraimet

Palkkitarrain on I-palkkeihin kiinnittyvä nostoapuväline, joka on suunniteltu käytettäväksi erityisesti esitystekniikan tarpeisiin. Niitä voidaan kiinnittää useisiin eri kokoiisiin I-palkkeihin ja siten saada kiinnityspiste haluttuun kohtaan palkkia. Palkkitarraimia voidaan käyttää sekä vaaka- että pystysuuntaisissa I-palkeissa. Palkkitarraimista tulee löytyä niiden sallittu työkuormitus, sarjanumero sekä CE-merkintä.



Kuvio 26. Certex Finlandin Powertex -palkkitarrain (Certex Finland.)

4.2.6 Nostosilmukat

Nostosilmukat ovat taakkojen kiinnittämiseen tai kiinnityspisteiden tekemiseen tarkoitettuja komponentteja, joita kutsutaan myös *eye-bolteiksi* eli silmukkapulteiksi kutsutaan. Niiden materiaali, rakenne sekä kuormitettavuus vaihtelevat suuresti kunkin tuotteen mukaan. Nostosilmukoita on olemassa esimerkiksi nostosilmukkaruuveja, sisäkierteisiä nostosilmukkamuttereita sekä hitsattavia tai muulla tavoin liitettäviä nostosankoja. Erityisesti nostosankoja on olemassa montaa erilaista mallia täysin vapaasti pyörivästä kiinteään. Kunkin tuotteen kohdalla tulee selvittää nostosilmukan tai -sangan sallittu työkuormitus ja kuormitettavuus sivusuunnassa. Kuormitus tulee kuitenkin aina kohdistaa kohdittuun silmukkaan nähden, sillä niitä ei ole suunniteltu kuormitettavaksi sivusuunnassa silmukkaan nähden.

4.2.7 Vanttiruuvit

Vanttiruuvit ovat nostoapuvälineitä, joilla on mahdollista kiristää ja hienosäätää kiinnityksiä. Vanttiruuvien säätövara on usein muutamista sentteistä muutamaan kymmeneen, joten ne mahdollistavat vain lyhyet säädöt ja kiristykset. Vanttiruuveja voidaan käyttää esimerkiksi ripustettujen lavasterakenteiden vaateroimiseen tai ripustuslinjojen pituuden hienosäätöön ja siten ripustuspisteen liikuttamiseen sivusuunnassa. Vanttiruuveilla voidaan myös kiristää harustuksia sekä rakenteiden tukivaijereita. Vanttiruuveja saa kuor-

mittaa vain pituussuunnassa eikä niihin saa kohdistua vääntöä ulkoisista tekijöistä. Vantiruuvit tulee tarkastaa ennen jokaista käyttökertaa merkintöjen puutteiden tai rakenteellisten muutosten, kuten taipumisen tai puuttuvien osien varalta.

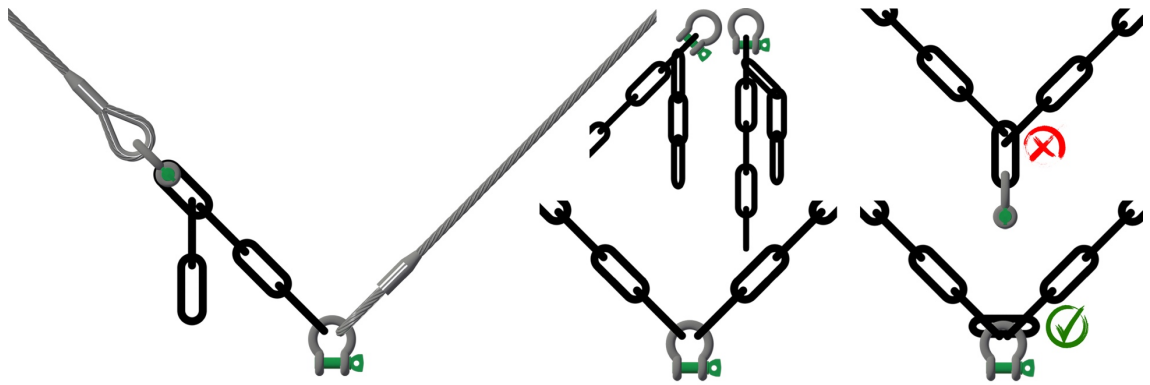
4.3 Ketjut ja kettingit

Esitysteknisen ripustamisen parissa teräsketjut ja -kettingit ovat eniten nähtävillä ketjunostimissa. Esimerkiksi rakennustyömailla kettinkiraksit ovat paljon käytettyjä nostoissa, mutta esitystekniikan parissa kettinkirakseja käytetään vähemmän. Kettinkiraksit ovat painavampia ja hankalasti käsiteltäviä eivätkä nostokuormat usein ole niin suuria, etteikö nostoapuvälineeksi löytyisi kevyempiä ja joustavampia työvälineitä, kuten päällysterakseja. Kaikki ketjut ja kettingit eivät myöskään sovellu käytettäväksi nostoissa. Esitystekniikan parissa on kuitenkin tilanteita, joissa ketjuja ja kettinkirakseja käytetään, esimerkiksi erillisinä *safetyina* tai bridle-ripustusten jalkoina. Kettingit luokitellaan samalla tavoin kuin nostorenkaat ja niiden varmuuskerroin on yleisesti 4:1. Kettinkeihin pätevät samat lainalaisuudet ripustuskulman ja siitä aiheutuvan sivuttaisen voiman kertoimen suuruudesta kuin päällyste- ja teräsrakseihin.

4.3.1 Pitkähahloiset ripustusketjut

Pitkähahloiset ketjut, kuten Columbus McKinnon -yrityksen erityisesti esitystekniikan käyttöön lanseeraama STAC (Special Theatrical Alloy Chain) tai niin kutsuttu *deck-chain*, ovat ripustamiseen tarkoitettuja ketjuja, joiden ketjulenkit ovat pitkiä ja sisähalkaisijalta sellaisia, että 1,9cm tai 0,75” sakkelin tappi tai kaari sopii ketjulenkkiin. STAC ketjun varmuuskerroin on 4:1 ja WLL voi olla jopa 6000 kg käytettävien ketjulenkkien lukumäärästä riippumatta. STAC-ketjulenkkien sisäpituus on 3,74” eli noin 9,5cm. STAC ketju mahdollistaa ripustuspisteen, esimerkiksi bridle-ripustuksen jalkojen eli *legien* (leg) pituuden säädön noin 10cm tarkkuudella.

STAC ketjuja ei saa asentaa rakenteiden ympärille ja ne eivät saa jäädä puristuksiin. Ketjua tulee käyttää siten, että ketju on aina suorana. Ylijäävä ketju jätetään roikkumaan vapaasti siten, että se ei jää puristukseen itsensä tai muiden komponenttien väliin. STAC ketjut liitetään muihin komponentteihin miltei aina sakkeleilla.



Kuvio 27. Pitkähahloisen ketjun liitostapoja. Yksittäistä ketjulenkkiä samassa ketjussa ei tule käyttää liitoskappaleena, vaan haarat tulee yhdistää sakkelilla siten, että liitoskohtaan jäävä ketjulenkki jää vapaaksi.

4.3.2 Ketjuraksit

Ketjurakseja on yksijalkaisesta monihaaraisiin, useimmiten 2–4-jalkaiseen. Ketjuraksien ketjut on yleisesti liitetty nostorenkaaseen jonkinlaisessa liitoslenkillä. Ketjuraksit voivat olla staattisen mittaisia, mutta usein niihin on integroitu ketjunlyhennyskoukku tai haarrukkamallinen lyhennin. Edellä mainittuja lyhentimellä varustettuja ketjurakseja voidaan kutsua myös säätöketjuiksi tai *clutch chaineiksi*. Lyhentimet mahdollistavat ketjuraksin pituuden säätämisen haluttuun mittaan ketjusilmukan tarkkuudella. Ketjuraksien alapään päätevaruste on useimmiten jousikuormitetulla salvalla varustettu salpakoukku. Koukkuja saa kuormittaa vain koukun pohjasta, kuormitus ei saa koskaan kohdistua koukun kärkeen tai salpaan. Koukun tulee voida liikkua vapaasti, joten sitä ei saa millään tavoin erikseen kiinnittää paikalleen nostoissa.

Ketjurakseja voidaan käyttää samalla tavoin kuin muitakin nostorakseja. Ketjuraksit voivat kuitenkin helposti vaurioittaa esimerkiksi trussia, joten niiden käyttöä rakenteiden ympärille kiedottuna on hyvä välttää. Sen sijaan yksijalkaiset ketjuraksit lyhentimellä varustettuna ovat oivallisia työkaluja erillisten varmuuspisteiden eli *safety*n toteuttamiseen, bridle-ripustusten haaroina sekä asioiden staattiseen ripustamiseen. Ketjurakseista tulee löytyä kuormakilpi, jossa on ilmoitettu sallittu työkuorma, CE-merkintä, valmistaja ja mahdollisesti kulmassa kuormittaminen. Ketjuraksien varmuuskerroin on 4:1 ja niiden laatuluokittelu on sama, kuin nostorenkailla. Jokaisella käyttökerralla tulee tehdä silmämääräinen tarkastus, ettei ketjulenkeissä ja muissa raksin komponenteissa ole raken-

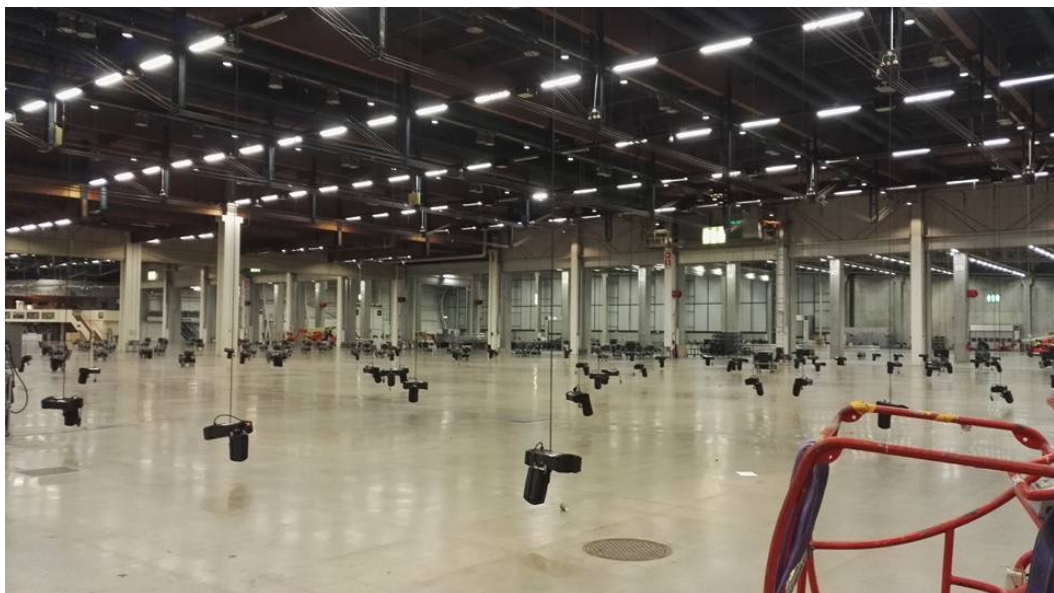
teellisiä muutoksia tai puutteita. Ketjuraksien kuormakilpi pitää myös olla kiinni ja selkeästi luettavissa. Ketjuraksit on hyvä puhdistaa liasta ja ruosteesta sekä suojata korroosiolta kevyesti öljymällä.



Kuvio 28. Haarukka-mallisella lyhennyskoukulla varustettu ketjuraksi kuormakilpineen (Mattila 2020.)

Lisätietoa nostoapuvälineistä löytyy nostoapuvälineitä valmistavan Certex Finlandin Internetsivuilta ja heidän Lifting know how –videosarjan opetusvideoista.

5 Ketjunostimet



Kuvio 29. Sähköisiä ketjunostimia Helsingin Messukeskuksessa (Mattila 2020.)

Ketjunostimet ovat esitysteknisen ripustamisen kulmakiviä. Ketjunostimet yhdistävät nostettavat asiat ripustuspisteisiin. Ketjunostimet mahdollistavat ripustettavien asioiden nostamisen ja laskemisen haluttuun korkoon joko sähköisesti tai manuaalisesti. Esitysteknisissä tuotannoissa käytettävät ketjunostimet, sekä sähköiset että manuaaliset, tulevat suoraan teollisuudesta. Esitystekniikan parissa käytettävät nostimet ovat kuitenkin pienin muutoksin adaptoitu paremmin soveltuvaksi teatteri- ja esitystekniikan tuotantoihin. Esimerkiksi nostimia on saatavana mustana räiskyvän oranssin tai keltaisen sijaan ja sähköisiä ketjunostimia voidaan varustaa erilaisilla lisälaitteilla ja ominaisuuksissa. Toimintaperiaate on kuitenkin täysin sama, kuin teollisuudessa käytettävissä ketjunostimissa. Kiinteissä nostinjärjestelmissä, kuten teatteritalojen yläkoneistoissa, käytetään perinteisesti vaijerinostimia tai vastapainotettuja köysinostimia, mutta myös ketjunostimia.

5.1 Käsiketjugaljat

Käsiketjugalja tai ketjugalja on mekaaninen, käsivoimin käytettävä ketjunostin. Käsiketjugaljat soveltuvat hyvin pienempien ripustuskokonaisuuksien toteuttamiseen ja mataliin tiloihin tai paikkoihin, jossa ripustuspisteiden kantavuus on rajallinen. Käsiketjugaljat ovat kevyempiä kuin saman työkuorman sähköiset ketjunostimet. Käsiketjugaljoissa on umpinainen ketjulenkki, *käyttöketju*, jota vetämällä nostoketju saadaan liikkumaan ylös ja alas. Käsiketjugalja kiinnitetään ripustuspisteeseen usein rungossa vapaasti pyörivällä koukulla. Tällöin koukulla varustettu nostoketju ja käyttöketju roikkuvat vapaasti alaspäin. Ylimääräinen nostoketju varastoituu erilliseen ketjupussiin, joka voidaan myös kiinnittää nostimen runkoon. Noston valmistuttua käyttöketju säilötään myös ketjupussiin. Käsiketjugaljoissa on kitkajarru sekä räikkä eli metallinen kieli, joka lukitsee käyttöketjun liikuttaman hammaspyörän paikalleen. On silti hyvä varmistaa käyttöketju paikoilleen esimerkiksi nippusiteellä läheltä käsiketjugaljan runkoa, jotta käyttöketju ei pääse liikkumaan.



Kuvio 30. 0,5t WLL ARNO-käsiketjutilja 10 metrin nosto- ja käsiketjulla sekä ketjupussilla (Matti 2020.)

Käsiketjutiljan toimintaperiaate on seuraavanlainen: käyttöketju pyörittää käsikäyttöpyörää, joka on hahloitu siten, että ketjulenkit istuvat käsikäyttöpyörään nätisti. Käsikäyttöpyörän yhteydessä on rungon läpi menevä käyttöakseli, räikällä lukkiutuva hammaspyörä sekä kytkinlaite tai kitkajarru, joka mahdollistaa käsiketjun vetämisen myös toiseen suuntaan. Usein käyttöketjua vedettäessä myötäpäivään nostoketju nousee ja räikän kieli estää käsikäyttöpyörän pyörimisen vastapäivään. Vastapäivään vedettäessä mekanismi vapautuu ja nostoketjua voidaan laskea käyttöketjua vetämällä. Kitkajarru varmistaa, ettei kuorma pääse laskemaan tahattomasti. Käyttöakseli pyörittää rungon toisella puolella käsikäyttöpyörää halkaisijaltaan pienempää hammaspyörää, joka puolestaan liikuttaa useita eri kokoisia hammaspyöriä. Käyttöketjun operoimiseen tarvittava voima on pieni, koska eri kokoiset hammaspyörät parantavat tarvittavan voiman hyötysuhdetta. Aivan kuten polkupyörän välityssuhde, halkaisijaltaan suurempi hammaspyörä pyörittää akselin toisessa päässä olevaa pientä ja harvaa hammaspyörää, joka pyörittää suurempia hammaspyöriä. Lopulta hammaspyörien muuntama nostovoima ohjataan nostoketjua liikuttavaan hahloittuun nostopyörään.

Käsiketjutiljat ovat käyttövarmuudeltaan ja huollontarpeeltaan melko huolettomia ja toimintavarmoja. Niiden etuna on myös sähköttömyys ja verraten pieni koko. Käsiketjutil-

joja on saatavilla useamman tonnin työkuormiin asti. Käsiketjugaljoista tulisi löytyä merkintä sallitusta työkuormituksesta, CE-merkintä sekä valmistajan tiedot ja sarjanumero. Lisäksi merkittynä voi olla esimerkiksi ketjun mitta. Mikäli käsiketjugaljan käyttöketju tai jokin muu osa liikkuu huonosti tai on puutteellinen, tulee käsiketjugalja poistaa käytöstä ja huoltaa. Jokaisella käyttökerralla on suoritettava silmämääräinen tarkastus ja esimerkiksi koukun, sen jousikuormitetun kielen sekä ketjupussin tulee olla hyvässä kunnossa. Varmuuskerroin on usein 4:1. Nostoketju sekä koukut ovat usein samaa lujuusluokkaa. Käsiketjugaljoja käyttäessä tulee pitää huoli siitä, että missään ketjussa ei ole solmuja, likaa tai korroosiota. Erityistä huomiota on myös kiinnitettävä siihen, ettei nostoketjua operoida aivan loppuun asti ylä- tai ala-asennossa, sillä käsiketjugaljan runko, mekanismi tai itse nostoketju voivat tällöin vaurioitua.

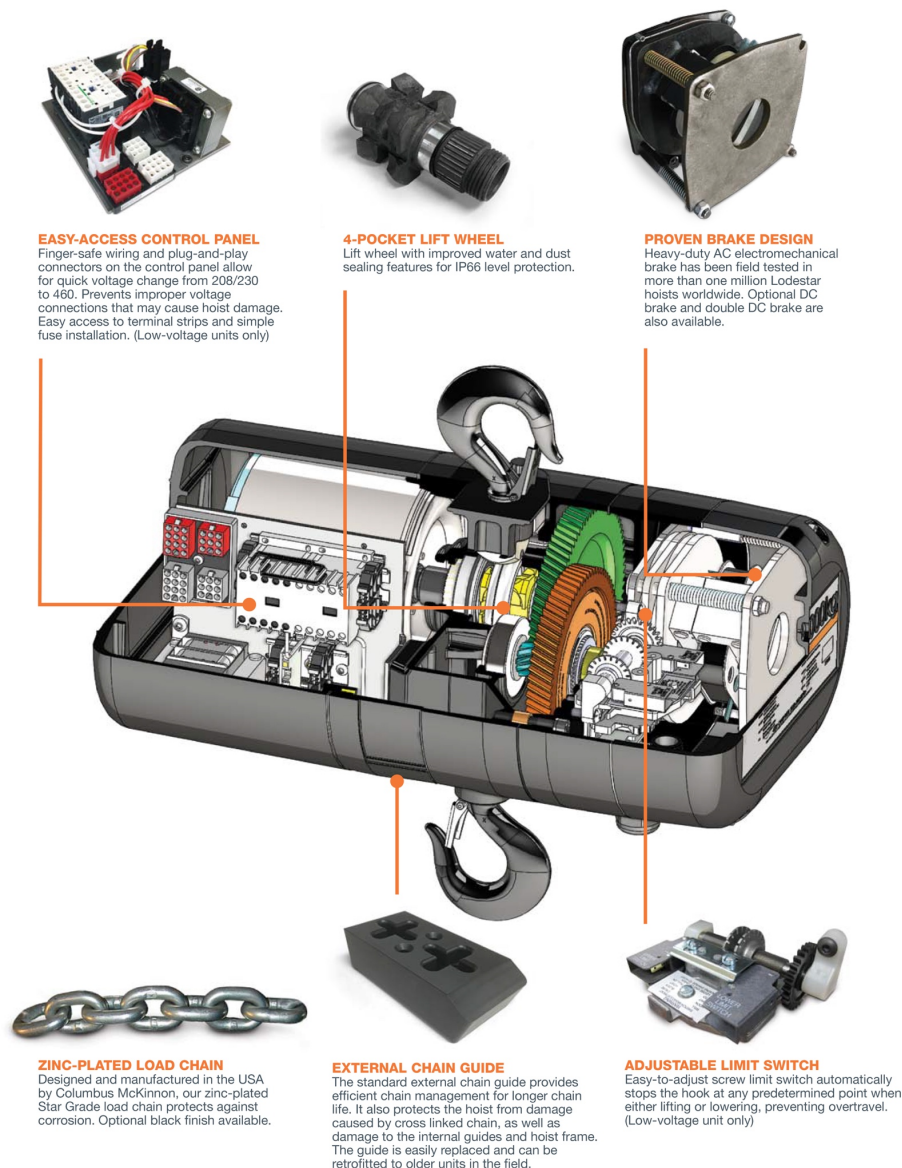
5.2 Sähköiset ketjunostimet ja niiden toimintaperiaate

Sähköiset ketjunostimet ovat esitysteknisten tuotantojen todellisia työjuhtia. Niiden käyttö alkoi kahdeksankymmentäluvulla ja käyttö lisääntyy jatkuvasti tuotantojen kasvaessa. Tarve ripustamiselle ja ketjunostimille syntyi siitä, kun tuotantoja alettiin toteuttaa isoihin tiloihin, joissa ei ollut valmiiksi minkäänlaista järjestelmää asioiden nostamiseen. Ensimmäiset esitystekniikan parissa käytetyt sähköiset ketjunostimet ovat olleet täysin teollisuuden käyttöön valmistettuja malleja. Tänä päivänä sähköisiä ketjunostimia valmistavat useat eri yritykset juuri esitysteknisiin ripustustarpeisiin. Teollisuuden sähköiset ketjunostimet kiinnitetään yleensä kuten käsiketjugaljat – nostin ylös, ketju alas – mutta esitysteknisessä ripustamisessa suositetaan moottorin sijoitusta alas suoraan nostettavan kuorman ylle, jolloin ketjunostin ikään kuin kipeä nostoketjuaan pitkin. Tämä siksi, että pelkkä nostimen ketjun paino on kevyempi nostaa ja kiinnittää ripustuspisteeseen kuin ketjunostimen ja ketjun yhteispaino. Toisinaan ketjunostimet kuitenkin ripustetaan teollisuuden tavoin, ketjunostin ripustuspisteeseen. Tätä kutsutaan esitystekniikan parissa niin sanotusti invertoiduksi moottoriksi eli invertiksi tai motor up:iksi. Kaikissa sähköisissä ketjunostimissa on ketjupussi, johon ylimääräinen nostoketju kerääntyy nostimen asennosta riippumatta. Tärkeää on kuitenkin varmistaa, että kaikki ketju kulkeutuu ketjupussiin ja pysyy siellä varmasti. Katonrajasta putoava nostoketju tekee pahaa jälkeä myös kypärä päässä. Ketjun koukuton pää on kiinni nostimessa, jotta ketju ei pääse ajautumaan ulos. Lisäksi nostimiin on mahdollista saada tuplajarrut, kuormasensoreita, useamman nostimen yhtäaikaiseen kontrolloimiseen soveltuvia moottoriohjaimia tai älykkäitä järjestelmiä samaan tapaan kuin valo-ohjauksessa. Yleiset sähköisten ket-

junostimien painoluokitukset ovat 250 kg, 500 kg, 1000 kg sekä 2000 kg. 2000 kg nostimet ovat yleensä 1000 kg:n nostimia, joissa ketju kulkee kahdesti U-muodossa nostokoukun kautta, jolloin nostoteho kaksinkertaistuu. Sähköisten ketjunostimien rungot voivat painaa jopa 70 kg ja ketju mitä vain 0,3–2 kg/metri väliltä, nostimesta riippuen. Ehkä legendaarisin ja mahdollisesti edelleen käytetyin sähköinen ketjunostin esitysteknisissä tuotannoissa on amerikkalaisen Columbus McKinnon -yrityksen CM-Lodestar.

5.3 Sähköisten ketjunostimien toimintaperiaate

Sähköiset ketjunostimet, yleisesti nostimet tai moottorit, toimivat joko yksi- tai kolmivaihevirralla, joista jälkimmäinen on yleisempi. Ketjunostimien voimanlähteenä toimii induktio- eli oikosulkumoottori. Monesti 0,2 – 2 kilowatin oikosulkumoottori pyörittää vetoakselia, jonka päässä pieni hammaspyörä pyörittää suurempaa hammaspyörää, joka on yhteydessä nostopyörään. Hammaspyörät ovat "vaihdelaatikon" sisällä vahvan voiteluaineen peitossa. Voimakas sähkömagneettinen jarru pitää ketjua kuljettavan nostopyörän paikoillaan ja vapautuu silloin, kun nostinta ajetaan ylös tai alas, jolloin syöttövirta jarrulle katkeaa. Jarru lukittuu välittömästi, kun nostimen ohjausvirta katkeaa nostimen pysähtyessä. Ketjunostimissa voi olla myös liukukytkin, joka luistaa ylikuormitettuna. Oikosulkumoottorin pyörimissuunta muuttuu kolmivaihevirralla sen mukaan, missä järjestyksessä vaiheet syötetään moottoriohjaimelta nostimelle. Ketjunostimien liikenopeus riippuu asennetuista komponenteista ja sähköverkon taajuudesta. Monet ketjunostimet liikkuvat 3–4 metriä minuutissa eurooppalaisessa 50 Hz sähköverkossa.



Kuvio 31. Kuva CM Lodestar Classic -ketjunostimen rakenteesta (Lodestar Product Sheet 2016.)

Sähköiset ketjunostimet saavat käyttöjännitteensä usein kolmivaihevirtana, 4-napaisella 16A CEE-liittimellä, koska monesti nostimen käyttöjännite on 400 V. 4-napainen CEE-liitin on vakiintunut nostinkäytössä, sillä 5-napainen 16A CEE3-iitin saattaa aiheuttaa sekaannuksia, kun ripustuslinjoissa kulkee useita syöttökaapeleita. Jotkin nostimet, erityisesti vanhemmat, käyttävät kuitenkin edelleen 5-napaista 16A CEE-liitintä. Nostimia operoidaan joko suorasähköllä (direct control) tai erillisellä matalajännitteisellä (low voltage) ohjaussähköllä (24/42/48/110 V). Useista ketjunostinmalleista on valittavana moni vaihtoehto käyttäjän mieltymyksien ja tarpeen mukaan. Suorasähkönostimet

ovat tekniikaltaan yksinkertaisempia ja niiden kytkemiseen ohjausjärjestelmään vaaditaan vain 4-napainen 16A CEE-liittimin varustettu kaapeli. Matalajänniteohjauksella varustetut nostimet tarvitsevat oman kaapeloinnin sekä käyttöjännitteelle että ohjaussähkölle. Matalajänniteohjatuissa nostimissa on kuitenkin monia ominaisuuksia, kuten säädettävät rajakytkimet, jotka pysäyttävät nostimen automaattisesti, kun ketjun liike saavuttaa tietyn pisteen. Rajakytkimet liikkuvat nostopyörän tahdissa, mutta ketjunostimiin voidaan myös asennuttaa ulkoinen rajakytkin, joka pysäyttää nostimen liikkeen ketjuun asetetun pysäyttimen koskettaessa rajakytkintä. Matalajänniteohjattuja nostimia voidaan myös kontrolloida yksittäin niin sanotulla pikkelillä (pickle = suolakurkku), joka on käytännössä kolmiasentoinen katkaisija, joka vaihtaa ohjaussähkön suuntaa. Matalajänniteohjatut nostimet ovat yleensä myös hintavampia kuin suorasähkönostimet.



Kuvio 32. Matalajännite ohjattavia CM Lodestar -nostimia kahdella 16A CEE-liittimellä, oikealla suorasähkönostimia yhdellä 16A CEE-liittimellä (Mattila 2020.)

Sähköisiä ketjunostimia saa operoida vain niiden käyttöön perehdytetty 18 vuotta täyttänyt henkilö. Ketjunostimia käytettäessä tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, että ketju kulkee suorassa eikä siihen muodostu solmuja. Ketju ei tulisi koskaan ajaa tarkoituksellisesti täysin ääripäihin tai rajakytkimiin asti. Hyviin tapoihin kuuluu aina käytön jälkeen jättää sähköisen- tai manuaalisen ketjunostimen nostoketju vapaaksi lähes täyteen pituuteensa. Mikään ei ole turhauttavampaa, kuin kiireisessä aikataulussa alkaa ajamaan ketjunostimen ketjua vapaaksi, jotta se yltää ripustuspisteeseen asti. Ketjunostimien ketjut tulee pitää hyvin voideltuna sekä nostimet tarkastaa pätevän ihmisen toimesta vähintään vuosittain. Mikäli ketjunostimessa tai sen ketjussa, ketjupussissa tai koukuissa havaitaan puutteita, vaurioita tai epätavallista suoriutumista, tulee se poistaa käytöstä ja huoltaa. Nostimien rungosta tulee löytyä kuormakilpi, josta selviää sallittu työkuormitus, malli, luokitus ja valmistaja. Ketjunostimien sallittua työkuormitusta ei saa

missään olosuhteissa ylittää. Ketjunostimilla ei saa yleisesti nostaa ihmisiä eikä kuorman alla saa oleilla ihmisiä nostojen tai laskujen aikana.



Kuvio 33. Pahasti sotkeutunut ketju, nostoketjun pysäytinkappale, nostokoukku, ketjupussi ja matalajännitteenostimen yksittäiseen operoimiseen tarkoitettu kauko-ohjain, pikkeli (Mattila 2020.)

5.4 Sähköisten ketjunostimien luokitukset

Sähköiset ketjunostimet luokitellaan kolmeen eri luokkaan, jotka perustuvat saksalaisten turvallisuusstandardien määräyksiin *Regulations on Health and Safety at Work (BGV)*. Seuraavat luokitukset ovat yleisesti käytetty sähköisten ketjunostinten luokitellussa maailmalla, myös suomessa.

5.4.1 BGV D8

BGV D8 -luokitellut ketjunostimet ovat niin sanotusti teollisuusnostimia. D8-nostimet ovat varustelultaan pelkistettyjä eikä niitä ole suunniteltu käytettäväksi taakkojen nostamiseen ihmisten yläpuolelle. D8-nostimet ovat usein varustettu vain yhdellä jarrulla, joka saattaa olla yhdessä kitkakytkimen kanssa. D8-nostimet eivät määräyksien mukaan sovellu taakan kannattelemiseen, vaan taakan nostamiseen ja laskemiseen. Takkaa nostettaessa D8-nostimien ja taakan alla ei saa olla ihmisiä. Mikäli D8-nostimia käytetään, tulisi takka laskea erillisten ripustusten varaan, niin kutsuttujen toissijaisten ripustusten tai *safetyjen* eli varmuusripustusten varaan. Kun takka lasketaan ripustusten varaan siten, että paino lasketaan pois nostimilta, kutsutaan ripustusta *dead hangiksi*. D8-nostimien turvakerroin on usein 5:1, taakan ripustamiseen ihmisten yläpuolelle vaaditaan kuitenkin 8:1 turvakerroin, minkä vuoksi varmuusripustukset ovat välttämättömät.

5.4.2 BGV D8+

BGV D8+ -luokitellut ketjunostimet ovat D8-nostimia paremmin varusteltuja. D8+-nostimet ovat yleisesti valmistajan toimesta varusteltu ja tarkoitettu käytettäväksi ihmisten yläpuolelle nostettaviin kuormiin. Niissä tulee olla kaksi erillistä jarrulaitetta, joista vähintään toinen tulee olla erillinen eikä kytkinlaitteen yhteydessä. D8+-nostimia suositellaan operoitavaksi aina moottoriohjaimella, mutta pikkelin käyttökin on sallittua. D8+-nostimet ovat hyväksytyjä staattisten kuormien ripustamiseen ihmisten yläpuolelle ilman varmuusripustuksia, mutta nostinten operoimisen aikana nostinten ja taakan alla ei saa olla ihmisiä. D8+ -nostinten turvakerroin on 10:1.

Perustuen CEN (European Committee for Standardization) standardiin CWA 15902-1:2008 *Lifting and load-bearing equipment for stages and other production areas within the entertainment industry. General requirements (excluding aluminium and steel trusses and towers)* sekä maaliskuussa 2020 hyväksytyyn CWA 15902-1:2008 standardin korvaavaan EN 17206:2020 *Machinery for stages and other production areas*, BGV D8/D8+ nostimia käytettäessä nostimia ei saa kuormittaa enempää kuin **0,5** kertaa valmistajan ilmoittaman sallitun työkuormituksen. Yksinkertaistettuna BGV D8 ja BGV D8+-nostimia käytettäessä nostimien WLL eli työkuormitus tulee puolittaa. Tällöin 500 kg luokitellulle nostimelle saa kohdistua vain 250 kg kuormitus. Hyvänä ohjenuorana voidaankin pitää myös muiden nostoapuvälineiden ja ripustuskomponenttien työkuormituksen puolittamista. Jonkin asian pettämisellä voi olla katastrofaaliset seuraamukset, joten on turvallisinta pelata varman päälle.

5.4.3 BGV C1

BGV C1 -nostimet ovat sähköisten ketjunostimien erikoisvarusteltuja luksusmalleja. Niistä löytyy kaikki D8+-nostinten ominaisuudet, mutta sen lisäksi niiden tulee täyttää muita vaatimuksia, kuten automaattinen noston keskeytys eli hätäpysäytys sallitun työkuormituksen ylittyessä 20 %. Lisäksi BGV C1 -nostimet tulee olla varustettu sensoreilla, jotka monitoroivat kuormaa jatkuvasti ja havaitsevat esimerkiksi useamman nostimen yhtäaikaaisessa käytössä kuormien vaihtelun ja alikuormitukset. BGV C1 -nostimista tulee löytyä myös elektroniset rajakytkimet ja sensorit, jotka monitoroivat nostimen sijaintia ja ketjun liikettä. BGV C1 -nostimien käyttämiseen tarvitaan erillinen ohjausjärjestelmä,

joka mahdollistaa myös nostinten sijaintien ohjelmoimisen ja toistamisen, kuten valotilanteita ohjelmoidessa. Ohjausjärjestelmän operaattori näkee siis reaaliaikaista informaatiota kunkin nostimen sijainnista ja kuormituksesta. Ohjausjärjestelmän käyttäminen mahdollistaa liikkuvien trussilinjoiden ja lavasteiden käyttämisen myös tilaisuuksien aikana ja jopa ihmisten lennättämisen asianmukaisilla varotoimilla ja turvavarusteilla. BGV C1 -nostimia saa operoida vain koulutettu käyttäjä. BGV C1 -nostimia voidaan operoida ihmisten yläpuolella, myös yleisön. BGV C1 -nostimien turvakerroin on 10:1.

5.5 Moottorien ohjaaminen



Kuvio 34. Yksinkertainen ja iäkäs neljäkanavainen moottoriohjain matalajänniteketjunostimille, matalajännitteenostinten moottoriohjaimeen monikaapelein yhdistettävä haaroitusrasia (control box/spider) sekä yksinkertainen kaksikanavainen suorasähkömoottorien ohjain (Mattila 2020.)

Lähes kaikkia yli yhden nostimen järjestelmiä käytetään erillisillä moottoriohjaimilla. Moottoriohjaimia on olemassa monta erilaista mallia useilta eri valmistajilta. Yksinkertaisimmillaan moottoriohjain on yhden nostinkanavan pikkeli ja monipuolisimmillaan se on kokonaisvaltainen järjestelmä, joka sisältää useita eri laitteita ja sensoreita.

Yleisimmin vastaan tulee kuitenkin neljästä kanavasta 36:een kanavaan sisältäviä moottoriohjainrækkejä. Suorasähkö- sekä matalajännitteenostimille on omat moottoriohjaimet. Moottoriohjaimien yleisimmät toiminnot ovat syöttövirran pääsulakkeet sekä kanavakohtaiset kytkimet, hätä-seis-kytkin, vaiheenkääntökytkin sekä "GO"-painike, jota painamalla halutut nostimet saadaan liikkumaan haluttuun suuntaan. Lisäominaisuuksina voi olla kanavakohtainen vaiheenkääntö sekä sulake, vaiheiden indikaattorit, liittimet toisten

moottoriohjainten kanssa yhdistämiseen, jolloin yksi ”GO”-nappi käskyttää kaikkia ohjaimia. Moottoriohjainiin on mahdollista saada myös kädessä pidettäviä kaukosäätimiä kaapelilla tai langattomasti.

Sekä ohjaussähkö että käyttöjännite kuljetetaan moottoriohjaimelta joko kanavakohtaisesti suoraan 16A CEE-liittimin varustetuilla kaapeleilla tai moninapakaapeleilla neljä ohjauskanavaa kerrallaan, tosin käyttöjännite ja ohjaussähkö erikseen. Kolmivaihesähköä käyttävät ketjunostimet eivät kuluta eurooppalaisessa 230 V 50 Hz sähköverkossa kuin korkeintaan 5 ampeeria täydellä kuormituksella. Yleisimmin käytetyt moninapakaapelit on varustettu joko Harting- tai Socapex-liittimillä. Moninapakaapeleiden toiseen päähän tulee niin kutsuttu *control box*, *spider* tai *break-out*. Edellä mainitut ovat joko koteloituja tai kaapelivuhka-adaptoreita moninapaliittimestä neljään 16A CEE-liittimeen, jotka kytetään haluttuihin moottoreihin.

Moottoriohjainta operoivan ihmisen tulee tehtävään hyvin perehdytetty ja olla erityisen tarkkana siitä, mitä nostimia hän operoi milloinkin. Kuvitelkaa tilanne, jossa yhtä nappia painamalla liikkuu 36 erillistä, kuormitettua ketjunostinta. Mikä katastrofi voikaan seurata, jos yksi nostimista ei liiku toivottuun suuntaan ja toisaalla toinen nostin liikkuu, vaikka sen ei pitäisi. Useamman ketjunostimen kokonaisuuksia operoitaessa tulee nostimia operoivan työntekijän olla tehtävään perehdytetty ja hänellä tulee olla aikaisempaa kokemusta useamman ketjunostimen samanaikaisesta operoimisesta. Hänen tulee seurata erityisen tarkasti nostoa tai laskua, joten hänellä on oltava hyvä näköyhteys kaikkiin ajettaviin moottoreihin tai toisia silmäpareja tarkkailemassa tilannetta. Nosto tai lasku on keskeytettävä välittömästi, mikäli jokin nostin ei liiku tai liikkuu väärään suuntaan, koska yhdelle nostimelle saattaa tällaisessa tilanteessa kohdistua monin kerroin suurempi kuorma kuin mille se on luokiteltu.

6 Ripustaminen

Itse ripustustyö voi olla hyvinkin suoraviivaista ja mutkatonta työskennellessä huoltosilloilta tai henkilönostimista parin ihmisen voimin. Kuitenkin usein se on hyvin monivaiheista ja vaatii monia työntekijöitä, jotka työskentelevät alhaalla, henkilönostimissa, huoltosilloilla sekä työvaljaiden turvin kattorakenteissa liikkuen, jopa köyden varassa roikkuen. Ripustustiimi on yleisesti tuotannoissa ensimmäisenä paikalla aloittamassa työt,

sillä muut tuotannon työntekijät ja kalusto eivät voi oleilla alueella, koska yläpuolella työskennellään. Jotkut ripustustiimistä mittaavat ja merkitsevät ripustuspisteiden paikat liidulla maahan selkeästi, jotta ylhäällä työskentelevät ja kiipeävät ripustajat näkevät, mihin kohtiin ripustuspisteet ja ketjunostimet tulee sijoittaa. Ripustuspisteiden mittaajat käyttävät apunaan rulla- ja laseretäisyysmittoja sekä pistelasereita, jotta he näkevät ripustuspisteen paikan kattorakenteissa. Liitumerkinnoista alhaalla työskentelevät ripustajat, niin kutsutut *groundit* (ground rigger) saavat tarvitsemansa informaation valmisteltavasta kiinnityksestä ja käytettävästä ketjunostimesta. Rakenteiden ympärille kiinnitettäessä haluttu ripustuspisteen rakenne on yleisesti pussiripustus (basket hitch) tai silmukkariipustus (choker hitch). Groundit valmistelevat halutut komponentit kiinnitettäväksi ja sivat kiinnityksen ketjunostimen koukun kanssa yläripustajan köyteen tämän haluamalla tavalla. Yleisin tapa kiinnittää köysi on tehdä toivotun mittaisella silmukalla tehty paalusolmu. Tämän jälkeen ylhäällä työskentelevät ripustajat nostavat ripustuspisteen ylös ja kiinnittävät sen haluttuun kohtaan siten, että ketjunostimen ketju osuu keskelle liitumerkittyä ripustuspistettä ja siirtyvät seuraavaan paikkaan.

Yläripustajilta vaaditaan hyvää fyysistä kuntoa, sillä he joutuvat toisinaan nostamaan useita kymmeniä kiloja yksin köydellä roikkuessaan työvaljaiden varassa tai istuessaan I-palkin päällä. Mikäli tapahtumapaikan infrastruktuuri sen sallii, on ripustajien apuna monesti huoltosilloilla työskenteleviä yläripustajia, jotka avustavat ripustuspisteen kiinnittävää ripustajaa taakan nostamisessa ja paikallaan pitämisessä pisteen varmistamisen ajan. Ripustuspisteiden valmistuttua groundit ajavat ketjunostimet ketjunsuun sopivaan työkorkoon, jotta trusseja asentavat teknikot voivat kiinnittää trussit ja muut ripustettavat asiat ketjunostimiin, asentaa käytettävän esitysteknisen kaluston ja nostaa ripustuslinjat haluttuun korkoon. Tilaisuuden päätyttyä asiat purkautuvat luontaisesti päinvastaisessa järjestyksessä.

6.1 Mihin voidaan kiinnittää?

Ripustuspisteitä voidaan kiinnittää lähes tulkoon mihin tahansa vaadittavan kuorman kantavaan rakenteeseen. Sellaisia rakenteita ovat esimerkiksi tapahtumatilojen katossa sijaitsevat teräksiset tukirakenteet, kuten I-palkit ja kattoristikot. Toisissa tiloissa on olemassa kattorakenteisiin kiinteästi asennettuja, luokiteltuja ripustuspisteitä, jotka ovat jonkinlaisia umpinaisia koukkuja, silmukoita tai reikiä rakenteissa. Monissa paljon tapahtumia järjestävissä paikoissa on erillinen emotrussi tai -linja (mother grid), joka on usein järeästä trussista rakennettu suora- tai ruudukkorakenne. Emolinjat ja -ristikot ovat usein

kiinnitetty ketjunostimiin, jotta ne voidaan tarvittaessa ajaa alas työkorkoon. Yleisesti ne on kuitenkin varmistettu paikoilleen erillisillä varmuusripustuksilla ja niiden paino on las-kettu varmuusripustusten varaan. Siksi usein on nopeampaa tehdä ripustuspisteet kor-kealla työskennellen, koska trussia pitkin on verrattain helppo liikkua ripustuspisteeseen kohdalle. Emolinjojen ja ristikoiden tarkoitus on kasvattaa potentiaalisten ripustuspaik-kojen määrää siellä, minne usein halutaan ripustaa paljon, esimerkiksi esiintymislavan yläpuolelle.

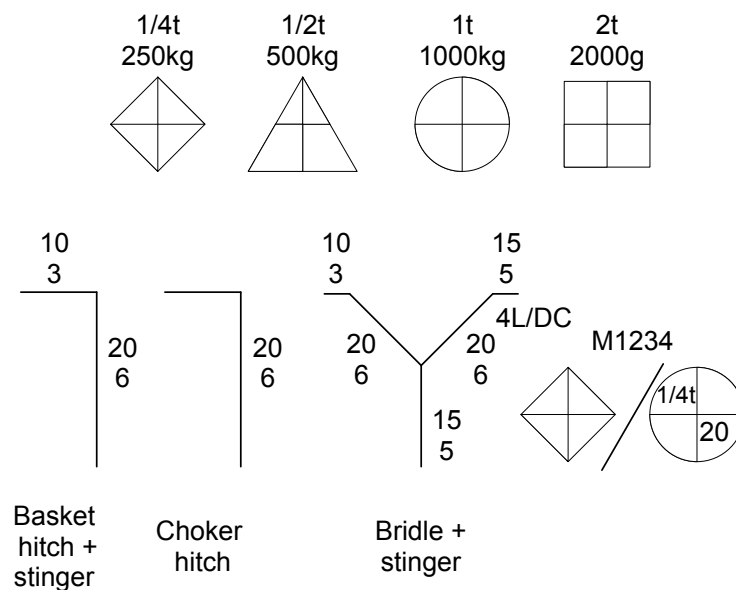
Ripustuspisteitä voidaan myös kiinnittää jo olemassa oleviin ripustuslinjoihin, esimerkiksi kaiutinjärjestelmien nostamiseen. Tällaisia ripustuspisteitä kutsutaan *sub hangiksi*. Suo-raan kiinnityskohtaan asennettavia ripustuspisteitä kutsutaan *dead hangiksi*, useasta pisteestä kiinnitettyä ripustuspistettä bridle-ripustukseksi. Staattisia ripustuksia, joissa ei ole nostolaitetta vaan kuorma on suoraan kiinnitetty ripustuspisteeseen, kutsutaan *dead lineksi*.



Kuvio 35. Esimerkki kiinteästä ripustuspisteestä. Pisteessä on myös merkintä sallitusta kuormituksesta, tässä tapauksessa 2500 kg (Mattila 2020.)

Tarvittaessa rakenneinsinöörit voivat tehdä luku-laskentoja ja ammattilaiset toteuttaa uusia kiinteitä ripustuspisteitä tapahtumatiloihin rakenteiden niin salliessa. Esimerkiksi monia vanhoja teollisuustiloja on muutettu esiintymistiloiksi, jolloin kiinteiden ripustuspis-teiden tekeminen on aiheellista ja mahdollistaa erilaisten tuotantojen tarpeisiin vastaa-miseen.

6.1.1 Pisteen mittaaminen ja merkitseminen



Kuvio 36. Esimerkkejä lattiaan tehtävistä ripustuspisteen liitumerkinnöistä.

Kuten edellä mainittiin, ripustustyöt alkavat ripustuspisteiden paikkojen mittaamisella ja merkitsemisellä. Pisteiden etäisyydet on mitattu ja merkitty ennalta piirustuksiin tietystä kiintopisteestä tai -pisteistä, kuten lavan takareunasta tai useista kiinteistä lattiamerkeistä. Mittaajat mittaavat jokaisen ripustuspisteen paikat kiintopisteistä pysty- ja vaakasuunnassa, jonka jälkeen ripustuspisteen haluttu paikka merkataan lattiaan liidulla. Merkintöjen yhteyteen voidaan merkitä esimerkiksi pelkästään kyseiseen pisteeseen sijoitettavan ketjunostimen numero tai pisteen oma tunnistenumero. Merkinnän yhteyteen voidaan kuitenkin lisätä tieto ripustustavasta ja ripustuspisteen toteuttamiseen tarvittavista nostoapuvälineistä sekä asennettavan ketjunostimen luokituksesta.

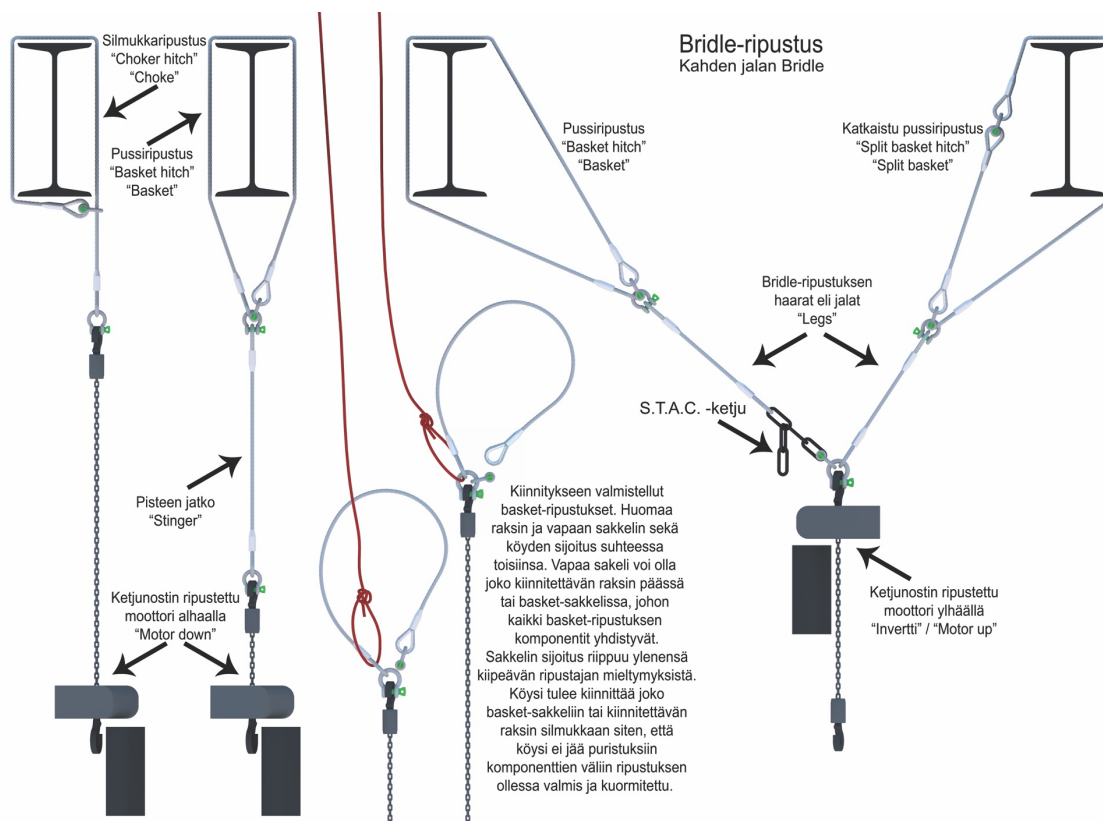
Yllä olevassa havainnekuvassa on joitakin esimerkkejä merkinnöistä. Yllä on yleisesti käytetyt symbolit eri kokoisille ketjunostimille, jolloin ketjunostimen ketjun eli pisteen paikan halutaan osuvan symbolin keskellä olevan ristikon keskipisteeseen. Käytettävät symbolit ja merkinnät riippuvat kuitenkin kunkin ripustustiimin omista työtavoista ja preferensseistä. Alla olevat merkinnät ovat tapoja merkitä millainen ripustus kuhunkin pisteeseen halutaan. Pisteen tiedot merkitään ripustuspisteen symbolin viereen. Yläpuoliset numerot ovat jalkamittoja ja alemmat luvut metrejä, lähinnä havainnollistamassa jalkojen ja metrien suhdetta. Käytettävät numerot riippuvat kiertueen tai paikallisen ripustustiimin omasta kalustosta. Bridle-ripustuksen merkissä ylimpien sakaroiden numerot ilmaisevat pussiripustuksen eli *basketin* tarpeet, seuraava luku ilmaisee bridle-ripustuksen haarojen

eli jalkojen pituudet. Merkintä 4L/DC tarkoittaa käytettävää hienosäätökomponenttiä, tässä esimerkissä 4L ilmaisee STAC/*deck chainin* käytettävien ketjulenkkien määrän. Merkintä DC ilmaisee tarpeen STAC/*deck chainin* käytölle, mutta ilman ketjulenkkien tarkkaa määrää jää pisteen säätäminen ja tarvittavien lenkkien määrän löytäminen yläripustajan tehtäväksi. M1234 on esimerkki pisteen tai ketjunostimen tunnistekoodista ja pyöreään merkkiin, joka voidaan ymmärtää 1t-ketjunostimen merkiksi, on lisätty tieto 1/4t ketjunostimen käytöstä 20 m ketjulla.

6.1.2 Valmistelu

Groundit eli alaripustajat valmistelevat kunkin pisteen joko erillisten dokumenttien tai lattiamerkintöjen mukaan. Alaripustajien tulee osata tulkita ripustusten merkintöjä ja kasata tarvittavista komponenteista kunkin pisteen mukainen basket odottamaan yläripustajan köyttä. Yläripustaja usein määrää, missä järjestyksessä pisteitä nostetaan ja kiinnitetään paikalle. Groundit sitovat köyden yläripustajan toivomalla tavalla baskettiin, jonka jälkeen yläripustaja nostaa basketin ylös ja kiinnittää sen. Baskettiin lisätään yleensä myös pala säkkikangasta tai jotain muuta vahvaa kangasta, niin kutsuttukso *burlapsiksi*. *Burlapsi* asetetaan joko raksin silmukkaan, sakkeliin tai nostoköyden lenkkiin yläripustajan toiveiden mukaisesti. *Burlapsin* tehtävänä on suojata pisteessä käytettäviä nostorakseja rakenteiden, kuten I-palkkien, teräviltä kulmilta. Yläripustaja taittelee säkkikankaan sopivan kokoiseksi ja asettaa sen nostoraksin ja rakenteen väliin.

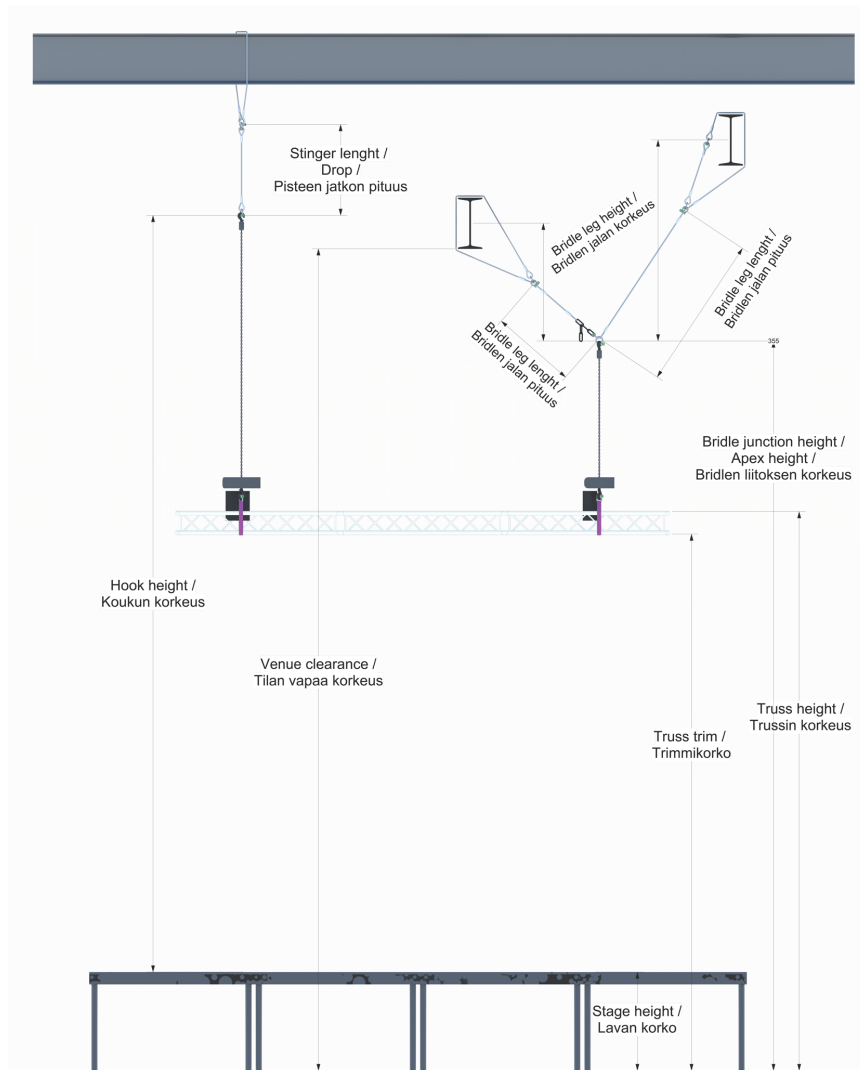
6.1.3 Pisteiden nostaminen ja kiinnittäminen



Kuvio 37. Erilaisia ripustuspisteitä ja ketjunostimien asentoja. Lisäksi havainnollistavat mallinukset valmistellusta pussiripustuksista (basket) ja nostoköyden kiinnityskohdista.

Kun ripustuspiste, usein basket eli pussiripustus, on valmisteltu alhaalla työskentelevien groundien toimesta, on yläripustajien vuoro. Yläripustajat työskentelevät monesti pareina, jolloin toinen parista on rakenteen, kuten I-palkin päällä pisteen merkin yläpuolella ja toinen työparista huoltosillalla avustamassa köyden vetämisessä. Ripustusta tehdään myös yksin silloin, kun huoltosilloja ei ole tai pisteen paikka on kaukana huoltosillasta. Tällöin yläripustaja nostaa ripustuksen ketjunostimen ketjuineen köydellä vetäen. Nostokorkeus vaikuttaa noston loppumetreillä taakan suuruuteen, sillä ketjunostimien ketju voi painaa useamman kilon metriltä. Kun ripustaja on saanut pisteen ylös, asettaa hän nostoköyden rakenteen ympäri saadakseen rakenteen ja köyden kulmista kitkaa, jolloin taakan paikallaan pitäminen on helpompaa. Usein piste kiinnitetään köyteen paalusolmulla, jonka silmukka on niin pitkä, että yläripustaja voi asettaa jalkansa rakenteen yli tulevaan lenkkiin ja siten pitää taakan vaivattomasti paikallaan. Muita tapoja on asettaa jalka köyden päälle tai kieputtaa se jalan ympäri. Seuraavaksi ylhäällä työskentelevä ripustaja joko kurottautuu yhdistämään basketin sakkelit palkin alapuolella tai vaihtoehtoisesti hinaa kiinnityskohdan palkin päälle, yhdistää sakkelit ja asettaa pisteen paikalleen sekä taittelee säkkikankaan raksin ja rakenteen väliin. Yläripustajien on oltava erityisen

tarkkoja tehdessään kiinnitystä, koska liitossakkelin tappi ja runko ovat hetkellisesti irti toisistaan ja sakkelin osien putoaminen on mahdollista. Korkealta putoava sakkeli voi tehdä reiän pudotessaan betonilattiaan – saati osuessaan alhaalla työskentelevän ihmisen kypärään. Bridle-ripustuksia asennettaessa tarvitaan yhtä monta yläripustajaa työskentelemään yhdessä kuin bridle-ripustuksessa on jalkoja. Usein jalkoja on kaksi, mutta kolmen tai neljän jalan bridle-ripustukset ovat myös mahdollisia. Ripustuspistettä saattaa joutua vielä säätämään uudemman kerran, mikäli pisteessä käytetään säätöketjuja tai pitkähahloisia ketjuja. Tästä syystä säätöpalat on hyvä sijoittaa basketin juureen, mikäli käytettävien ketjulenkkien tai säätöketjun pituudesta ei ole täyttä varmuutta.



Kuvio 38. Joitakin ripustusten korkeuteen liittyviä etäisyyksiä. Toisinaan ripustuslinjojen ja pisteiden korot voivat olla ilmoitettu lavakannesta mitattuna ja toisinaan lattiasta mitattuna.

6.1.4 Toissijaiset ripustukset ja safetyt

Toissijaiset ripustukset voivat olla ripustuksia, joiden tarkoituksena on varmistaa ensisijaiset ripustukset tai ohjata niitä haluttuun suuntaan. Niin sanotut sivusuuntaiset ripustuslinjat eli *breast linet* ovat apuripustuksia, joilla ensisijaisia ripustuslinjoja voidaan vetää sivusuunnassa esimerkiksi väistettäessä jotakin estettä tai sopivien ripustuspaikkojen puuttuessa. Toissijaisia ripustuksia voivat myös olla niin sanotut *dead linet* eli kiinteät ripustuspisteet, joiden varaan ripustuskuorma voidaan laskea, mikäli paino halutaan tapahtuman ajaksi pois ketjunostimilta.

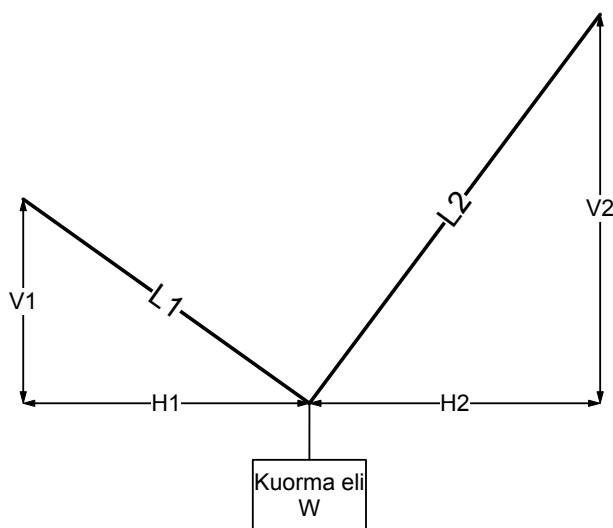
Safetyt eli turvaripustukset ovat turvajärjestelmiä, joiden tarkoituksena on lisätä olemassa olevien ripustusten turvallisuutta. Safetyt voidaan kiinnittää samaan ripustuspisteeseen kuin ensisijainen ripustus, sen läheisyyteen tai jopa erilliseen rakenteeseen. Safetyt tulee saada mahdollisimman kireälle, että taakka ei pääse putoamaan pitkää matkaa missään tilanteessa. Kuorman pudotessa lyhyenkin matkan aiheuttaa se niin sanotun shokkikuorman (shock load), joka voi putoamismatkan ja putoamisen pysäyttävän komponentin välillä kasvaa moninkertaiseksi kuorman painoon nähden. On olemassa myös niin sanottuja *motor bypasseja* eli ketjurakseja, joilla voidaan varmistaa, ettei ketjunostimen ketju pääse purkautumaan tilanteessa, jossa jostain syystä ketjunostimen turvajärjestelmät pettäisivät tai joku operoisi nostinta vahingossa silloin, kun se ei saisi liikkua.

6.2 Bridle-ripustukset

Bridle-ripustukset ovat oikea työkalu silloin, kun ripustuspiste halutaan saada paikkaan, jossa ei ole mitään fyysistä kiinnityskohtaa. Käsittelen tässä kappaleessa vain kaksijalkaisia bridle-ripustuksia niiden yleisyyden vuoksi, vaikka myös 3:n tai 4:n jalan bridle-ripustukset ovat mahdollisia.

Bridle-ripustuksen tekemiseen tarvitaan yleensä kaksi tai useampi yhtä aikaa työskentelevä ripustaja, koska kiinnitykset tulee saada eri paikkoihin. Bridle-ripustuksen kiinnittäminen ja säätäminen on helppointa silloin, kun molempia jalkoja ollaan kiinnittämässä samanaikaisesti. Bridle-ripustusten perustana on basket-ripustus, johon on yhdistetty nostoraksi ja säätöpalat, jotta jalat saadaan halutun mittaiseksi, minkä johdosta bridle-ripustuksen kärki (apex) saadaan osumaan haluttuun kohtaan. Bridle-ripustusten jalkojen pi-

tuuden ja voimien laskeminen onnistuu Pythagoraan lauseella ja yksinkertaisilla laskutoimituksilla, kun tiedetään halutun ripustuspisteen etäisyys vaaka- ja pystysuunnassa jalkojen kiinnityspaikoista, esimerkiksi l-palkeista. Monesti jalkojen pituudet saatetaan arvioida ja säätää lopulliseen mittaan ripustuksen ollessa paikallaan, mutta ne voidaan laskea tai mallintaa päässä, paperilla, tietokoneella tai CAD-ohjelmistossa. On olemassa useita tietokone- ja älypuhelin aplikaatioita bridle-ripustusten laskemiseen, mutta laskeminen onnistuu ilmeisesti. Laskin jokaiselta löytyy kuitenkin tänä päivänä omasta puhelimesta. Seuraavaksi esittelen laskukaavat bridle-ripustusten jalkojen tarvittavan pituuden sekä niihin ja ripustuspaikkoihin kohdistuvien voimien laskemiseen.



Kuvio 39. Pelkistetty malli kahden jalan bridle-ripustuksesta.

Yllä oleva malli havainnollistaa bridle-ripustusta ja sen jalkojen kokonaispituuksiin sekä voimiin vaikuttavia komponentteja.

Pituudet L_1 ja L_2 ovat siis jalkojen kokonaispituudet. Haarojen kokonaispituus tulee kasvamaan basketista johtuen, mutta se ei vaikuta liitoskohdan sijaintiin kohtuuttomasti, kunhan basketit ovat molemmilla puolilla suhteellisen saman mittaiset. Bridle-ripustuksen jalkojen pituuksien L_1 ja L_2 selvittämiseksi tarvitsemme tiedot V_1 , V_2 ja H_1 , H_2 . Muuttujat V_1 ja V_2 ovat kiinnityspisteiden korkeus suhteessa bridlen haluttuun liitoskohtaan. Tämä arvo voi olla ennalta määrätty bridlen liitoskohdan korkeus, mutta arvo voidaan myös itse määrittää, kunhan tiedetään ripustettavan kohteen minimikorko. Tämän jälkeen voidaan mitata kunkin ripustuspaikan etäisyys maasta ja vähentää arvosta bridlen liitoskohdan korkeus, jolloin saadaan arvot V_1 ja V_2 . Tässä esimerkissä V_1 korkeus

on 3 m ja V2 korkeus 6 m. Arvot H1 ja H2 kertovat halutun pisteen etäisyyden sivusuunnassa kiinnityspisteistä. Tämä voidaan mitata maassa käyttämällä hyväksi pistelaseria ja laseretäisyys- tai rullamittaa. Tässä esimerkissä etäisyys H1 on 4 m ja H2 on 6 m. Pythagoraan lauseella saamme seuraavat tulokset:

$$L1 = \sqrt{V1^2 + H1^2}$$

$$L2 = \sqrt{V2^2 + H2^2}$$

Jalkojen pituudet:

$$L1 = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m}$$

$$L2 = \sqrt{6^2 + 6^2} = 8,48 \text{ m}$$

Seuraavaksi laskemme kumpaankin jalkaan kohdistuvan voiman eli vetojännityksen. Tähän laskutoimitukseen meidän tulee jalkojen pituuden lisäksi tietää pisteeseen kohdistuvan kuorman suuruus, joka on ketjunostimen ja ketjun painon lisäksi ripustettavasta taakasta kyseiselle nostimelle jakautuva paino. Tässä esimerkissä voidaan käyttää 50 kg painoista nostinta ketjuineen ja symmetrisesti kahdella ketjunostimella ripustetun ja tassisesti kuormitetun ripustuslinjan painoa 670 kg, josta tässä kuvitteellisessa tilanteessa puolet, 335 kg, kohdistuu laskemaamme bridle-ripustuspaisteeseen. Pisteeseen kuorma W on siis 50 kg + 335 kg = 385 kg. Näin ollen jalkoihin L1 ja L2 kohdistuvat voimat T1 ja T2 lasketaan seuraavasti:

$$T1 = \frac{W \times L1 \times H2}{(V1 \times H2) + (V2 \times H1)}$$

$$T2 = \frac{W \times L2 \times H1}{(V1 \times H2) + (V2 \times H1)}$$

Jalkoihin kohdistuvat vetojännitykset:

$$T1 = \frac{385 \times 5 \times 6}{(3 \times 6) + (6 \times 4)} = 275 \text{ kg}$$

$$T2 = \frac{385 \times 8,48 \times 4}{(3 \times 6) + (6 \times 4)} = 308 \text{ kg}$$

Lisäksi toisinaan on tarpeellista laskea myös bridle-ripustuksen jalkojen pysty- ja vaakasuuntaiset voimat, eli V ja H arvojen suuntaiset voimat. Nämä pysty- ja vaakasuuntaiset voimat ovat siis voimia, jotka rasittavat ripustuskohtaa, esimerkiksi l-palkkia. Vaakasuun-

tainen voima on kahden jalan bridle-ripustuksissa käytännössä saman suuruinen molemmissa jaloissa. VF1 ja VF2 ovat siis pystysuuntaiset voimat kun taas HF1 ja HF2 puolestaan vaakasuuntaiset.

$$VF1 = \frac{W \times V1 \times H2}{(V1 \times H2) + (V2 \times H1)}$$

$$VF2 = W - VF1$$

Pystysuuntaiset voimakomponentit:

$$VF1 = \frac{385 \times 3 \times 6}{(3 \times 6) + (6 \times 4)} = 165 \text{ kg}$$

$$VF2 = 385 - 165 = 220 \text{ kg}$$

$$HF1 = VF1 \times \frac{H1}{V1}$$

$$HF2 = VF2 \times \frac{H2}{V2}$$

Vaakasuuntaiset voimakomponentit:

$$HF1 = 165 \times \frac{4}{3} = 220 \text{ Kg}$$

$$HF2 = 220 \times \frac{6}{6} = 220 \text{ Kg}$$

Saaduilla tuloksista voidaan päätellä, mitä komponentteja ja nostoapuvälineitä käytetään ja onko rakenteisiin kohdistuva kuormitus sallituissa rajoissa.

7 Ennakkotyöt ja dokumentointi

Ripustustyöhön, kuten lähes kaikkeen esitystekniikan parissa, kuuluu olennaisesti myös ennakkotyö, joka on käytännössä sähköpostien pallottelua edes takaisin ja erilaisten dokumenttien tekemistä. Vastuu paperitöistä voi jakautua usealle eri ihmisille, mutta erityisesti nimetty tapahtuman ripustuksista vastaava henkilö saa suuren osan työstä tehtäväkseen. Nimetty henkilö voi olla tapahtuman tekninen tuottaja tai paikallisen ripustamisyrityksen henkilö.

7.1 Ennakkotyöt

Ennakkotöihin kuuluu ensinnäkin kommunikaatio tuotannon, tapahtumapaikan ja esimerkiksi artistin edustajien välillä. Joskus työ toki alkaa niin sanotusti puhtaalta pöydältä, mutta erityisesti areenaripustaminen on paljolti jo olemassa olevien kokonaisuuksien sovittamista ja toteuttamista paikalliseen tapahtumatilaan. Tässä on apuna usein toteutettavan produktion ennalta lähettämät tekniset raiderit ja ripustussuunnitelmat. Joskus vierailavan tuotannon edustajat voivat tehdä ennakkotyöt, jolloin vastuu suunnitelmien tarkastamisesta ja toteuttamisesta jää paikalliselle toimijalle, usein yhteistyössä toteutettavan tuotannon edustajien kanssa.

Ripustusten toteuttaminen on verrattain raskasta budjetille. Tehtävä työ on erityislaatuista ja se sisältää korkeanpaikan työtä ja harvassa olevaa ammattitaitoa. Esimerkiksi Helsingin Messukeskuksessa yhden ripustuspisteen hinta, sisältäen ketjunostimen ja asennuksen, voi nousta muutama sataan euroon. Tuotannoissa, joissa pisteiden määrä on satoja, ellei tuhansia, hintaan varmasti saadaan neuvoteltua paljousalennuksia, mutta tapahtuman loppulasku pelkästään ripustustöiden osalta voi olla melkoinen. Itse laitteiden vuokrahinnat ovat pienempien tuotantojen budjetille sopivampia, mutta monesti ammattitaito ja kokonaisvaltainen ymmärrys ripustustyöstä saattaa olla puutteellista.

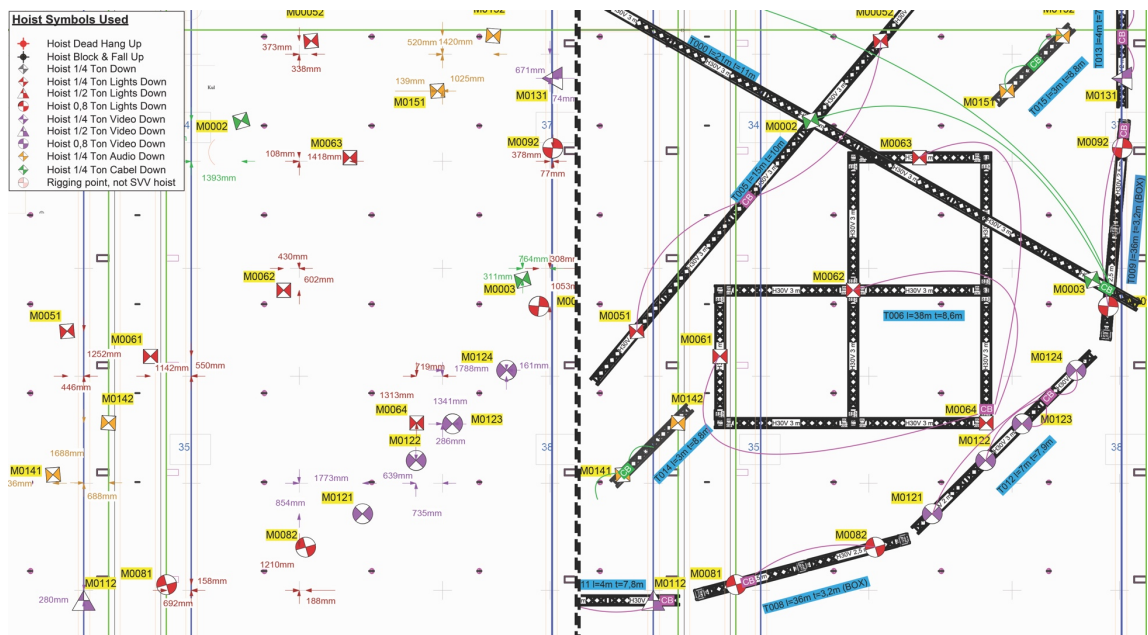
Nykyään ennakkosuunnittelun tukena on monenlaisia laskureita ja mallinnusohjelmia, jotka nopeuttavat ennakkotyötä ja saattavat parhaimmillaan tarjota valmiit taulukot kunakin pisteen toteuttamiseen tarvittavista välineistä ja kuormituksista. Monesti ripustamisen ennakkosuunnittelu voidaan toteuttaa mittakaavassa olevan tilan pohjapiirustuksen avulla, mutta toisinaan 3D-mallintaminen ja mahdollisuus hahmottaa tilan korkeudet ja suositellut ripustuspaikat helpottavat kaikkien, paitsi ehkä luovuuden pauloissa olevan suunnittelijan, työmäärää. Monesta Suomenkin tapahtuma-areenasta ja hallista on saatavilla CAD-pohjat ja piirustukset suunnittelemisen, ennakkotyön sekä dokumenttien toteuttamisen tueksi.

Alkuvalmistelujen, rakennuksen sekä purun aikatauluttaminen ja rakennusaikataulun suunnitteleminen ovat ehkä yksi tärkeimmistä ripustustyön osa-alueista. Tapahtumien rakennusaikataulut on nipistetty mahdollisimman tiiviiksi ja kaikki muut tuotannon osa-alueet jäävät jälkeen aikataulusta, mikäli ripustus ei valmistu suunnitellusti. Myös tarvit-

tavat työntekijät tulee miettiä ja kysyä keikalle hyvissä ajoin, koska ripustustyön suorittaminen aikataulussa mahdollistaa kaikkien muidenkin työn valmistumisen ajoissa ja show saa tapahtua.

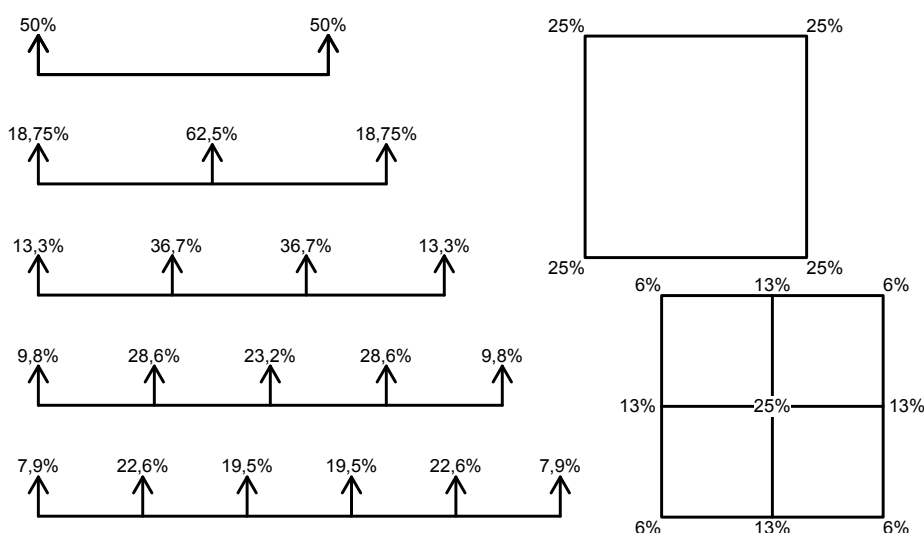
7.2 Ripustuspistekartta

Ripustuspistekartta on ensisijaisesti ripustajille suunnattu dokumentti. Ripustuspistekartasta tulisi selvittää toteutettavien ripustuspisteiden sijainnit tilassa sekä mittaluvut referenssipisteestä, jotta ripustustiimin mittaajat pystyvät merkitsemään pisteen tehtäväksi suunnittelijan haluamaan paikkaan. Ripustuspistekartasta tulisi myös selvittää, minkä kokoinen ketjunostin vaaditaan, tuleeko asennettava ketjunostin tavallisesti moottori alas vai inverttinä. Lisäksi ripustuspistekartasta olisi hyvä selvittää, millaisissa ryhmissä ketjunostimia halutaan ohjata ja miten niiden ohjainkaapelit halutaan. Ripustuslinjojen näkyminen ripustuspistekartassa on arvokasta informaatiota ripustustiimille, mutta on hyvä toimittaa myös dokumentti, jossa näkyy vain ripustuspisteet ja niitä koskevat tiedot.



Kuvio 40. Otteet ripustuspistekartoista, vasemmalla tiedot ripustuspisteistä ja oikealla trussilinjat ja ketjunostimien kaapelointi samalla alueella.

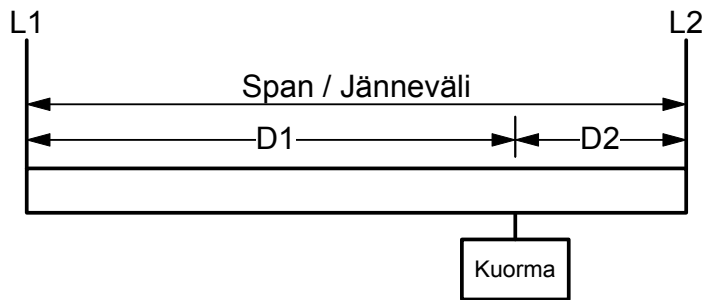
ripustetaan yleisön yläpuolelle. Trussien, ketjunostimien sekä nostoapuvälineiden sallitut työkuormitukset (WLL) on CWA 15902-1&2:2008 -standardin mukaan hyvä kertoa 0,85:lla, jotta voidaan kompensoida nostoon käytettävien välineiden ikääntymistä käytössä. Hyvänä nyrkkissääntönä on myös tuplata varmuuskertoimet, jolloin 500 kg:n ketjunostinta kuormitetaan maksimissa 250 kg. Seuraavaksi muutama havainnekuva ja laskukaava kuormien vaikutusten suuruudesta kullekin ripustuspisteelle.



Kuvio 42. Tasaisesti jaetun kuorman jakautuminen tukipisteille (ripustuspiste) sekä trussikehikoiden kulmapaloille.

Ihanteellisessa tilanteessa ripustuslinjat on tuettu tasaisin välein ja kuorma jakautuu yhtenäisesti koko linjan matkalle. Ripustuspisteisiin ja ketjunostimiin kohdistuu erilaiset kuormat, kun käytössä on enemmän kuin kaksi tukipistettä, koska jokaisella ripustuspisteellä on eri määrä linjaa ja siihen kiinnitettyä taakkaa kannateltavana. Yllä olevat prosenttiyksiköt ilmoittavat, miten kuormat jakautuvat tukipisteille vaakatasossa olevan, tasaisesti kuormitetun 2–6 tukipisteen ripustuksilla. Prosentit ovat laskennallisia eivätkä kuitenkaan vastaa täysin tosielämään, sillä kuorman jakautumiseen vaikuttaa ripustuslinjan kulma, tukipisteiden pienetkin korkeuserot ja moni muu asia. Oikealla olevat ruudut havainnollistavat trussikulmilla rakennettujen kehikoiden painon kohdistumista kehikon kulmapaloihin. Samat prosenttiyksiköt kuvastavat kuorman jakautumista ripustettaessa niistä kohdista. Edellä annetut prosentit antavat kuitenkin hyvän käsityksen siitä, kuinka taakka jakautuu. Huomionarvoista on se tosiasia, että kolmen pisteen ripustuksissa miltei kaksi kolmasosaa koko taakan painosta on keskimmaisella tukipisteellä.

Seuraavaksi laskukaava epäsymmetrisesti sijoitetun kuorman painon jakautumisen selvittämiseen kahden tukipisteen välillä. Esimerkin kaltaisen tilanteen voidaan ajatella mallintavan PA-kaiutinpinkkaa tai ison videotykin ripustamista. Seuraavassa esimerkissä kuorma eli W on 300 kg, jänneväli eli D on 6 m. Kuorma on sijoitettu 5 ($D1$) ja 1 ($D2$) metrin päähän tukipisteistä $L1$ ja $L2$. Arvot $T1$ ja $T2$ kuvastavat tukipisteisiin $L1$ ja $L2$ kohdistuvaa kuormitusta.



Kuvio 43. Epätasaisesti sijoitetun kuorman kaavio, jossa span = D ja kuorma = W .

$$T1 = \frac{W \times D1}{D}$$

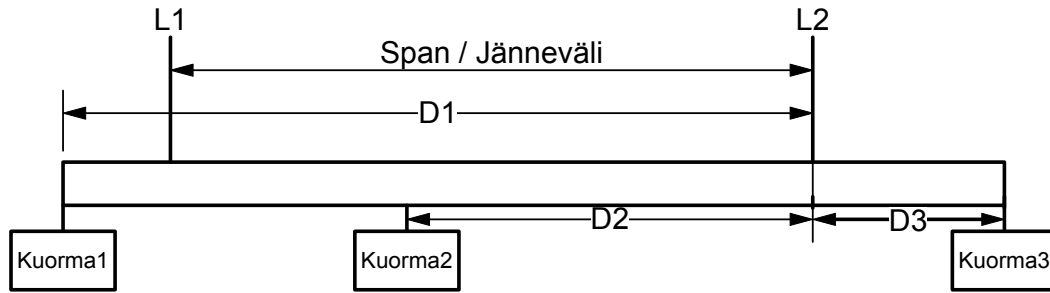
$$T2 = \frac{W \times D2}{D}$$

Laskukaavalla saadaan seuraavanlaiset tulokset.

$$T1 = \frac{300 \times 5}{6} = 250 \text{ kg}$$

$$T2 = \frac{300 \times 1}{6} = 50 \text{ kg}$$

Seuraavassa esimerkissä lasketaan usean epäsymmetrisesti sijoitetun kuorman jakautuminen tukipisteille, kun osa kuormista on sijoitettu ripustuslinjan *cantileverille* eli tukipisteen ulkopuolella olevalle osalle. Kuormiksi esimerkissä on valikoitunut arvot $W1=100$ kg, $W2=300$ kg ja $W3=200$ kg. Jännevälin pituus on 9 m ja etäisyydet $D1=10$ m, $D2=5,5$ m sekä $D3=2,5$ m. Arvot $T1$ ja $T2$ kuvastavat tukipisteisiin aiheutuvia kuormia.



Kuvio 44. Epätasaisesti jaetun cantilever-kuorman kaavio, jossa span = D ja kuormat = Wx.

$$T1 = \frac{(W1 \times D1) + (W2 \times D2) - (W3 \times D3)}{D}$$

$$T2 = (W1 + W2 + W3) - T1$$

Laskukaavalla saadaan seuraavat tulokset:

$$T1 = \frac{(100 \times 10) + (300 \times 5,5) - (200 \times 2,5)}{9} = 239 \text{ kg}$$

$$T2 = (100 + 300 + 200) - 239 = 361 \text{ kg}$$

Mainitsemisen arvoinen asia on myös dynaamiset kuormat sekä shock load eli taakan putoamisesta aiheutuva hetkellinen shokkikuormitus. Yksinkertaistaen voidaan ajatella taakan olevan staattista kuormitusta sen ollessa paikallaan, mutta kuorma muuttuu dynaamiseksi eli kasvaa hetkellisesti kaikenlaisesta liikkeestä. Dynaaminen kuormitus voi olla 1,2-1,5 kertainen staattiseen kuormaan nähden ketjunostinten liikkeelle lähtiessä ja pysähtyessä. Sama vaikutus on myös ulkoisilla tekijöillä, kuten tuulella. Tästä syystä ripustustaakat on hyvä laskea vähän liioitellen sekä lisätä varmuuskertoimia käyttämällä järeämpiä komponentteja ja ketjunostimia.

Shokkikuormitus syntyy tilanteessa, jossa jokin komponentti pettää, kuorma jää noston tai laskun aikana hetkellisesti jumiin ja siitä vapautuessaan liikahtaa tai putoaa jonkin matkan voimakkaasti, kunnes putoaminen pysähtyy jonkin ripustukseen käytettävän komponentin toimesta. Esimerkiksi teräsraksit venyvät vastaavanlaisessa tilanteessa eksponentiaalisesti suhteessa taakan liikkumaan matkaan. Shokkikuormat voivat olla moninkertaisia staattiseen kuormaan nähden ja jopa 10–15 cm matkan putoava taakka saattaa aiheuttaa nostoapuvälineiden pettämisen.

8 Työskentely turvallisesti

Ripustamisen prioriteetit

Ripustajilla tulee olla nämä prioriteetit hallussa, ainoa merkityksellinen päämäärä.

1. Älä pudota mitään.
2. Katso kohta yksi.

(Donovan, Entertainment rigging – A practical guide 2002, 5-1.)

Aikataulun painaessa päälle pitkän ja fyysisen työpäivän lopussa on hyvin todennäköistä, että työntekijän tarkkaavaisuus saattaa hetkellisesti herpaantua ja johtaa virheisiin. Esitysteknisiä ripustuksia tehtäessä jokaisen työhön osallistuvan tulee sitoutua noudattamaan turvallista työkulttuuria ja pidättäytyä laiminlyömistä määräyksiä sekä väärinkäyttämistä työkaluja ja metodeja, vaikka kiire ja työpaineet olisivat kuinka kovat. Turvallisuuden laiminlyöminen ripustuksia toteutettaessa voi johtaa katastrofaalisiin seurauksiin ja pahimmillaan vaatia ihmishenkiä ja massiivisia materiaalisia menetyksiä. Ripustusonnettomuudet ovat verrattain harvinaisia, vaikka usein onnettomuudet johtuvat pienistä virheistä ja laiminlyönneistä. Historia kuitenkin tuntee ihmishenkiä vaatineita ripustusonnettomuuksia, jotka ovat johtuneet sallittujen työkuormitusten ylittämisestä, luonnonvoimista tai yksinkertaisesti huolimattomuudesta, joskus jopa kaikkia edellä mainittuja yhtä aikaa. Tästä syystä kaikki ripustuksiin käytettävät komponentit ja niiden kiinnitykset tulee tarkastaa huolella ennen ripustamista, sen aikana ja vielä ripustuksen valmistuttua.

Asioita, joihin kannattaa kiinnittää huomiota ovat sakkeleiden asennot ja kuormituksen suunta sekä se, ovatko sakkeleiden tapit kierretty kunnolla kiinni ja etteivät ne pääse kiertymään itsestään auki. Usein on myös hyvä käyttää niin isoja sakkeleita, että ne eivät mahdu vahingossa pyörähtämään esimerkiksi ketjuraksin koussatussa silmukassa. Teräsraksien silmukoihin tulee kiinnittää suoraan vain yksi nostoapuväline ja teräsrakseissa ei saa olla pysyviä muodonmuutoksia. Nostimien ja ketjuraksien koukkuihin tulee kiinnittää suoraan vain yksi nostoapuväline. Päällysterakseja tai nostovöitä käytettäessä on hyvä kiinnittää huomiota siihen, että raksit ja vyöt eivät ole kierteellä tai puristuksissa eivätkä hankaa teräviin kohtiin tai altistu kuumuudelle.

Ylhäällä työskentelevillä ihmisillä on syytä olla mukana mahdollisimman vähän kaikkea, ainoastaan työn tekemiseen välttämättömät asiat. Kaikki irtonaiset objektit ovat vaarassa pudota ja siten riski alapuolella oleville ihmisille.



Kuvio 45. Ripustustyöhön soveltuvat Singing Rock Expet III-työvaljaat, Kask Superplasma PL-työkypärä, Petzl Grillon säädettävä liitosköysi työasemoimiseen sekä 11mm staattinen ripustusköysi. Työvaljaat, kypärä sekä asemoimislaite täyttävät työkäyttöön vaadittavat EN-standardit (Mattila 2020.)

Ensisijaisen tärkeää on huolehtia henkilöturvallisuudesta kaikkien työvaiheiden sekä *shown* aikana. Henkilöturvallisuuden kulmakivi on työkypärä, joka täyttää jommankumman standardin EN 397 (teollisuuskypärät) tai EN 12492 (iskuilta suovaaja kiipeilykypärä). Molemmat standardit ovat hyväksytyjä työkäyttöön, joskin EN 12492 standardin täyttävät kypärät sopivat paremmin ylhäällä työskenteleville ripustajille, koska se suojaaa iskuilta mistä tahansa suunnasta. EN 397 standardin mukaiset kypärät on suunniteltu suojaamaan eniten kypärän lakipisteeseen kohdistuvilta – eli yläpuolelta tulevilta iskuilta. Kypärän käyttö on halpa henkivakuutus ja monet vahingot jäävät läheltä piti tilanteiksi kypärän ansiosta. Kypärää tulee käyttää aina, kun yläpuolella on jotain, mikä voi pudota, mutta erityisesti silloin, kun työskennellään korkealla tai korkealla työskentelevien alla.

Työvaljaita on olemassa kahdenlaisia, niin kutsuttuja putoamisen estoaljaita sekä putoamissuojajaljaita. Putoamisen estoaljaat ovat kevyempiä ja soveltuvat katolla työskentelemiseen sekä henkilönostin käyttöön. Niiden tehtävänä on nimensä mukaan estää putoaminen. Niitä ei ole siis suunniteltu siihen, että niiden varassa työskennellään. Putoamissuojajaljaat sen sijaan ovat paremmin pehmustetut ja niissä on useampi luokiteltu

kiinnityspiste työasemoimiseen ja köysityöhön. Työvaljaiden kanssa tulisi käyttää nykyksenvaimenninta. Korkeanpaikantyöhön soveltuvien työvaljaiden tulee täyttää seuraavat EN-standardit: EN 361 kiinnityspisteet rinnassa ja selässä, jotka soveltuvat putoamisen pysäyttämiseen (merkitty A-kirjaimella). EN 358 kiinnityspisteet sivuilla työasemoimiseen. EN 813 edessä oleva kiinnityslenkki laskeutumisvälineen käyttämiseen tai työasemoimiseen. Lisäksi työvaljaista on hyvä löytyä hartioiden kohdalta EN 1497 mukaiset kiinnityspisteet, jotka soveltuvat valjaita käyttävän henkilön nostamiseen tai laskeamiseen ahtaissa paikoissa pelastustoimenpiteenä. Työasemoimiseen sekä köysityökentelyyn käytettävien välineiden tulee lisäksi täyttää monia muita EN-standardeja, jotka selviävät työkäyttöön tarkoitettujen välineiden tiedoista.

Vahvistetulla kärjellä varustetut työkengät ovat myös erittäin suositeltavia, koska ripustamiseen liittyy aina paljon painavia asioita. Voitte kuvitella, miltä varpaille putoava 30 kg ketjunostin tuntuu lenkkarit jalassa. Työhanskat ovat myös eduksi, koska monet nostoapuvälineet ja ketjunostimien ketjut ovat voimakkaalla rasvalla suojatut ja käytetty rasva tarttuu käsiin erittäin hyvin. Myös esimerkiksi teräsrakseissa voi olla teräviä teräksäikeitä, joilta kunnolliset työhanskat voivat suojata.

9 Lopuksi

Valitsin tämän aihepiirin opinnäytetyökseni, sillä huomaan työskennellessäni tapahtumalan sekatyöläisenä usein laiminlyöntejä ripustamiseen liittyvissä asioissa. En usko, että kyse on ihmisten välinpitämättömyydestä vaan siitä, että heiltä puuttuu ymmärrys ja perehdytys turvallisesta ripustamisesta. Tahdoin kirjoittaa tämän opinnäytetyön kaikille niille, jotka eivät ole ammatiltaan ripustajia, mutta jotka työskentelevät esitystekniikan parissa. Esitysteknisestä ripustamisesta ei löydy käytännössä mitään suomeksi kirjoitettua tekstiä, joten tämä opinnäytetyö toimikoon suunnannäyttäjänä. Ripustamiselta on vaikea välttyä, sillä sitä tapahtuu kaikkialla. Kevyen led-lampun kiinnittäminen trussi-porttiin on myös ripustamista. Jokainen ripustus ja nosto ovat yhtä tärkeitä, tilaisuudesta huolimatta. Ripustajien työ on arvokasta ja ripustajia katsotaan usein ylöspäin ja heitä pidetään tapahtuma-alan supertähtinä, vaikka he tekevät työtään siinä missä muutkin esitystekniikan ammattilaiset. Älä ripusta mitään, ellet ole varma siitä, mitä teet ja miten teet työsi turvallisesti. Jokaisen työntekijän tehtävän on huolehtia kokonaisvaltaisesta turvallisuudesta riskien täyteisessä ympäristössä.

Lähdeluettelo

ANSI E1.6-1 – 2019 Entertainment Technology – Powered Hoist Systems, 2019.
<https://tsp.esta.org/tsp/documents/docs/ANSI%20E1.6-1%20-%202019.pdf> (luettu 04.2020).

Certex Finland Oy a, Käyttöohjeet – Käyttöturvallisuustiedotteet. <https://www.certex.fi/Kayttoohjeet> (luettu 04.2020).

Certex Finland Oy b, Tuotteet – Nostoapuvälineiden tuotetiedot. <https://www.certex.fi/tuotteet-c205> (luettu 04.2020).

Columbus McKinnon Entertainment Technology (CM-ET) , CM Lodestar Classic Manual 2019. <http://www.cm-et.com/Public/64182/10001970%20Lodestar%20Classic%20Manual%20Rev%20AD.pdf> (luettu 04.2020).

CWA 15902. Lifting and load-bearing equipment for stages and other production areas within the entertainment industry. General requirements (excluding aluminium and steel trusses and towers). 2008.

Delbert L. Hall Ph.D. 2013. Rigging Math Made Simple. Spring Knoll Press.

Donovan, Harry 2008. Entertainment Rigging – A Practical Guide for Riggers and Managers. Rigging Seminars.

E1.56-2018 Entertainment Technology – Rigging Support Points, 2018.
https://tsp.esta.org/tsp/documents/docs/E1-56-2018_Secured.pdf (luettu 04.2020).

EN17206, 2020. <https://en17206.com/> (luettu 04.2020).

Eurocode 9: Design of aluminium structures -Part 1-1: General structural rules, 2007.
<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/11/en.1999.1.1.2007.pdf> (luettu 03.2020).

Fleurette Olivier, Dijkhoff Sybrèn. Sixty82 Product Catalogue 2019. SIXTY82, Drachten NL. <https://www.sixty82.nl/upload/upload/PDF/6082-brochure.pdf> (luettu 03.2020).

Glossary of Technical Theatre Terms – Rigging <http://www.theatre crafts.com/pages/home/topics/rigging/glossary/> (luettu 03.2020).

Higgs, Chris 2003. Rigging for Entertainment: Regulations and Practice. Entertainment Technology Press Ltd.

Higgs, Chris 2008. An Introduction to Rigging in the Entertainment Industry. Entertainment Technology Press Ltd.

Hind, Peter 2001. Aluminium Structures in the Entertainment Industry. Entertainment Technology Press Ltd.

Hoist Rigging Standards Explained <https://www.hoistuk.com/rigging-hoist-standards-explained/> (luettu 04.2020).

NRAG Guidance and Documents sekä International Code of Practice (ICOPER), <https://www.plasa.org/rigging-stage-engineering-documents/> (luettu 04.2020).

Prolyte Group Blackbook, 2018. <https://www.prolyte.com/uploads/bestanden/Brochures/blackbook-2018.pdf> (luettu 03.2020).

Regulation on Safety and Health at Work BG Regulation BGV A1, 2004. https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/zuv/zuv.dezVI/%C3%B6ffentlich/v-5/gefahrstoffe/bgva1_englisch.pdf (luettu 04.2020).

Safe Rigging Practices for the Entertainment Industry in New Zealand, 2015. <https://etnz.org/wp-content/uploads/2017/02/safe-rigging-practices-nz-v1.0-june-2015.pdf> (luettu 03.2020).

Kuvat:

Kaikki tämän opinnäytetyön kuvat ovat kirjoittajan itse taltioimia tai tekemiä, ellei niitä ole erikseen mainittu.

Kuvio 26: Certex Finland 2020. Palkkitarrain. <https://www.certex.fi/tuotteet/teatterit-ja-viihdeteollisuus/palkkitarrain-powertex-p356463>

Kuvio 31: Columbus McKinnon Corporation 2016. CM Lodestar leikkauskuva. <http://www.cm-et.com/Public/56718/CM-ET%20Lodestar%20Product%20Sheet%20PS-CMET-0816.pdf>

